

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de  
la Recherche Scientifique  
Université de Bouira  
Institut de Technologie



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة البويرة

معهد التكنولوجيا

Département de Génie de l'Eau

Institut de Technologies  
**Rapport de soutenance**  
En vue de l'obtention du diplôme  
de Licence professionnalisant en : Hydraulique  
**option : Génie de l'eau**

**Thème :**

**Etude hydrologique du sous bassin versant de l'OUED  
MELLAGOU wilaya de KHANCHELA**

Réaliser par :

AISSAT Abir

*Tuteur de l'Institut :*

Mme : BALOUL.DJ

Enseignant à l'institut de technologie de Bouira

*Examineur :*

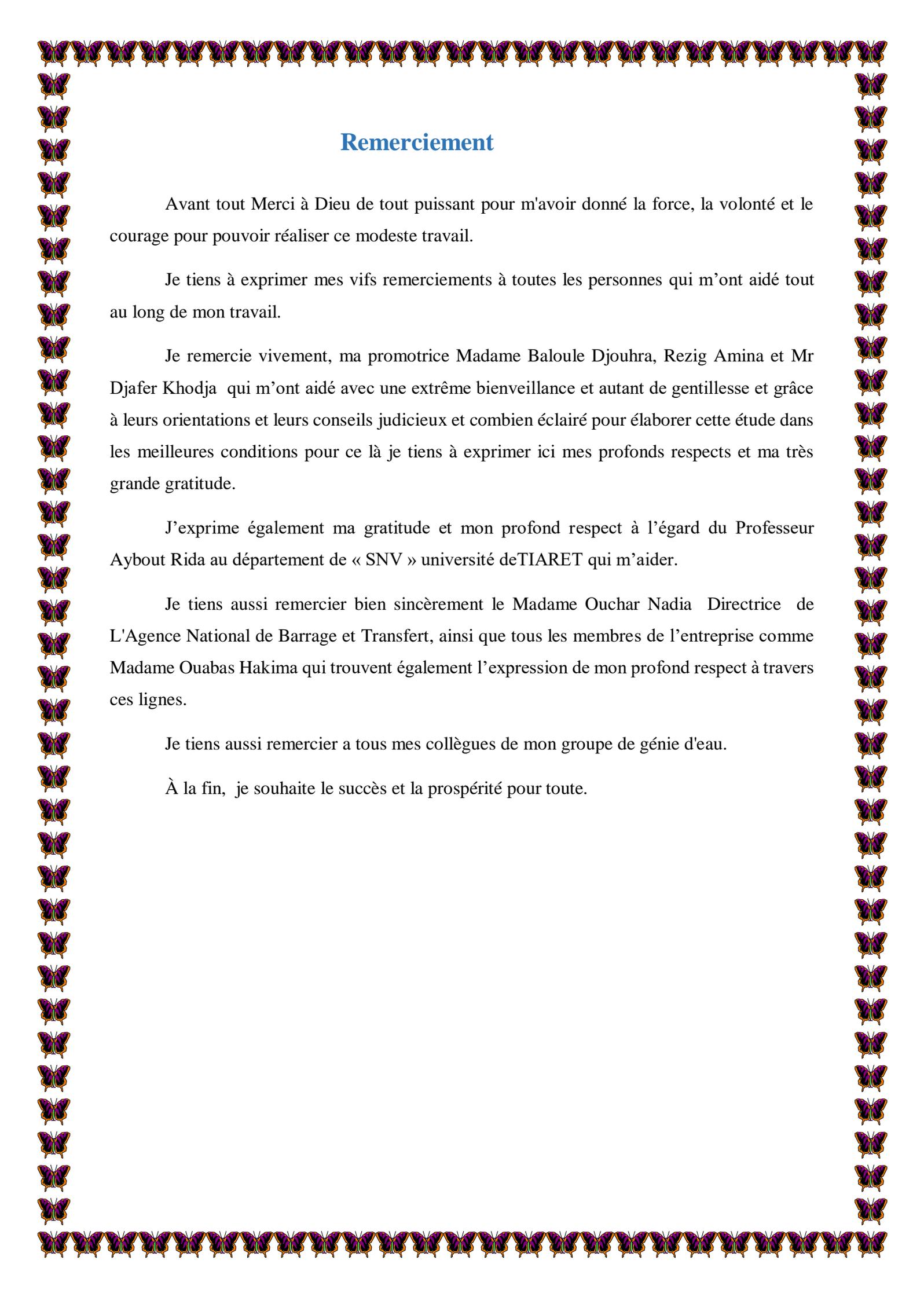
Mr : DJAFER Khodja. H

*Tuteur de l'entreprise :*

Mme : OUABAS Hakima

Ing : Agence National des Barrage et Transferts

Année universitaire 2018/2019



## Remerciement

Avant tout Merci à Dieu de tout puissant pour m'avoir donné la force, la volonté et le courage pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.

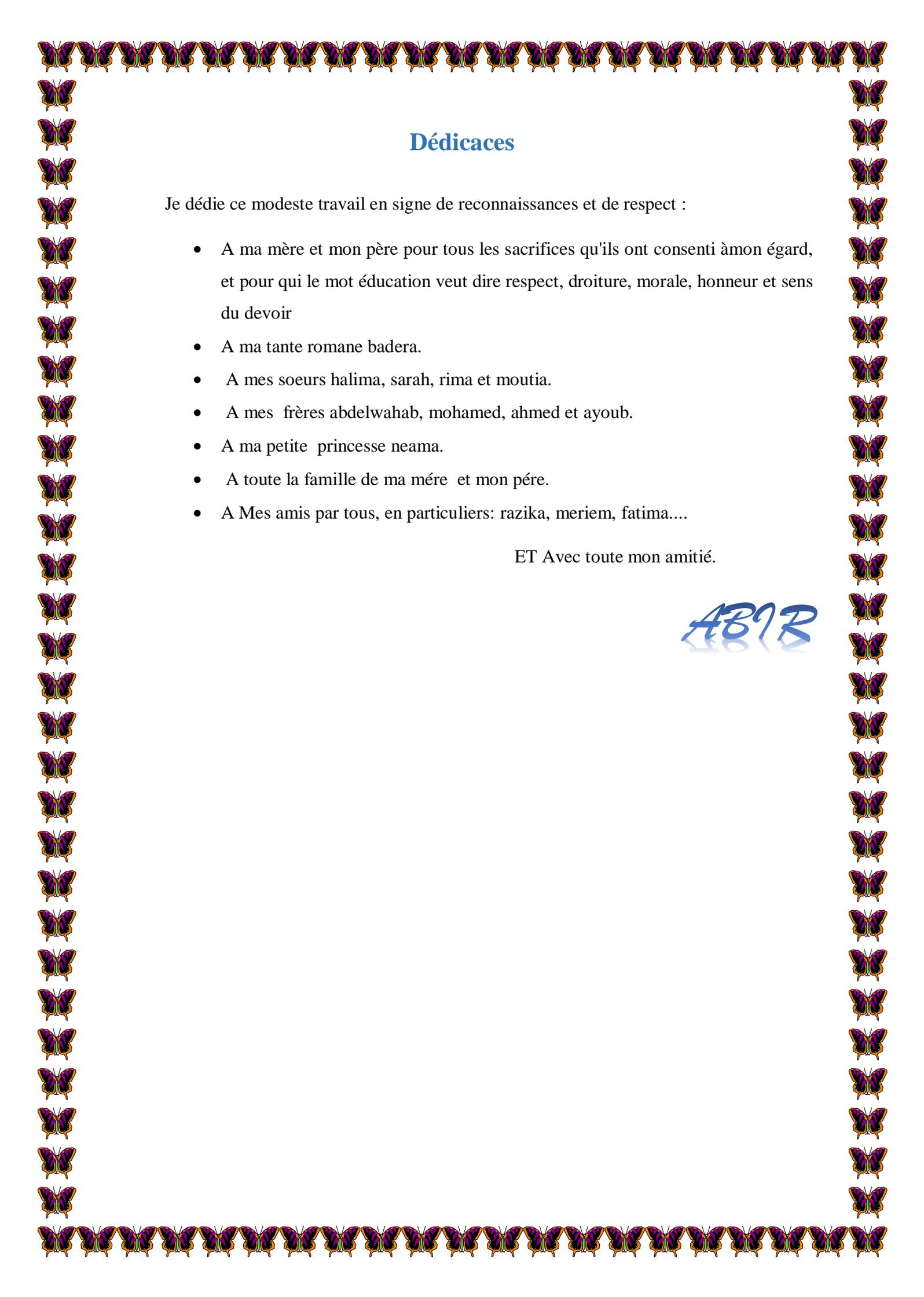
Je remercie vivement, ma promotrice Madame Baloule Djouhra, Rezig Amina et Mr Djafer Khodja qui m'ont aidé avec une extrême bienveillance et autant de gentillesse et grâce à leurs orientations et leurs conseils judicieux et combien éclairé pour élaborer cette étude dans les meilleures conditions pour ce là je tiens à exprimer ici mes profonds respects et ma très grande gratitude.

J'exprime également ma gratitude et mon profond respect à l'égard du Professeur Aybout Rida au département de « SNV » université de TIARET qui m'aider.

Je tiens aussi remercier bien sincèrement le Madame Ouchar Nadia Directrice de L'Agence National de Barrage et Transfert, ainsi que tous les membres de l'entreprise comme Madame Ouabas Hakima qui trouvent également l'expression de mon profond respect à travers ces lignes.

Je tiens aussi remercier a tous mes collègues de mon groupe de génie d'eau.

À la fin, je souhaite le succès et la prospérité pour toute.



## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

- A ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard, et pour qui le mot éducation veut dire respect, droiture, morale, honneur et sens du devoir
- A ma tante romane badera.
- A mes soeurs halima, sarah, rima et moutia.
- A mes frères abdelwahab, mohamed, ahmed et ayoub.
- A ma petite princesse neama.
- A toute la famille de ma mère et mon père.
- A Mes amis par tous, en particuliers: razika, meriem, fatima....

ET Avec toute mon amitié.

ABIR

# Sommaire

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introduction général .....                                                 | 1  |
| Chapitre I : présentation de l'entreprise                                     |    |
| I.1 Introduction.....                                                         | 2  |
| I.2 Agence National des Barrages et Transferts .....                          | 2  |
| I.2.1 Organigramme .....                                                      | 2  |
| I.2.2 Effectif : 5985 .....                                                   | 3  |
| I.2.3 Transferts.....                                                         | 3  |
| I.2.4 Etudes.....                                                             | 3  |
| – Etudes de faisabilité, dont : .....                                         | 3  |
| I.2.5 Travaux .....                                                           | 3  |
| I.2.6 Exploitation .....                                                      | 4  |
| Chapitre II : Présentation physique du bassin versant et collecte des données |    |
| II .1 Introduction .....                                                      | 5  |
| II .2. Présentation générale de projet : .....                                | 5  |
| II .2.1. Situation géographique :.....                                        | 5  |
| II .2.2 Wilayas concernées.....                                               | 5  |
| II .3 BASSIN VERSANT DE MELLAGOU .....                                        | 6  |
| II .3.1 Description .....                                                     | 6  |
| II .3.2 HYDROGRAPHIE.....                                                     | 7  |
| II .3.2.2 Hydrographie du bassin versant de Mellagou.....                     | 8  |
| II .3.3 Caractéristique géomorphologiques principales du bassin .....         | 10 |
| II.3.3.1 Le temps de concentration (TC) : .....                               | 18 |
| II. 4. Le profile en long d'un cours d'eau principale:.....                   | 21 |
| II.5 Conclusion .....                                                         | 22 |
| Chapitre III : étude géologique                                               |    |
| III.1 INTRODUCTION.....                                                       | 23 |
| III.2 APERCU GEOLOGIQUE.....                                                  | 23 |
| III.2.1 Aspects de géologie régionale.....                                    | 23 |
| III.3 Conclusion .....                                                        | 24 |

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Chapitre IV: étude climatique                                                   |           |
| IV.1 Introduction .....                                                         | 25        |
| IV.2 Données hydro climatologiques de base .....                                | 25        |
| IV.2.1 Données climatologiques.....                                             | 25        |
| IV.2.2 Données pluviométriques .....                                            | 25        |
| IV.2.3 Données hydrométriques .....                                             | 26        |
| IV.2.4 Les données sur les apports solides.....                                 | 26        |
| IV.4 Climat .....                                                               | 26        |
| IV.4.1 Contexte climatique .....                                                | 26        |
| IV.4.2 Etages climatiques.....                                                  | 27        |
| IV.4.2.1 Aperçu climatique.....                                                 | 27        |
| IV.4.2.2 Température de l'air.....                                              | 28        |
| IV.4.2.3 Humidité relative de l'air .....                                       | 29        |
| IV.4.2.4 La vitesse du vent .....                                               | 29        |
| IV.4.2.5 Evaporation .....                                                      | 30        |
| IV.4.3 A partir des données du barrage de Babar .....                           | 30        |
| IV.5. PLUVIOMETRIE.....                                                         | 31        |
| IV.5.1 Régime pluviométrique .....                                              | 31        |
| IV.5.2 Données disponibles.....                                                 | 31        |
| IV.5.3 Détermination de la pluie annuelle moyenne sur le bassin .....           | 32        |
| IV.5.3.1 Moyenne arithmétique .....                                             | 32        |
| IV.5.3.2 Méthode des polygones de thiessen.....                                 | 33        |
| IV.5.3.3 Méthode des isohyètes .....                                            | 34        |
| IV.6 Pluie annuelles et mensuelles .....                                        | 36        |
| IV.6.1 Séries historique.....                                                   | 36        |
| IV.6.2 Pluies mensuelle sur le bassin versant.....                              | 38        |
| IV.7 Pluies maximales journalières .....                                        | <u>39</u> |
| IV.7.1 Présentation.....                                                        | 39        |
| IV.7.2 Analyse statistique par la méthode des années stations .....             | 40        |
| IV.7.2.1 principes de la méthode .....                                          | 40        |
| IV.7.2.2 constitutions de l'échantillon et vérification d'homogénéité.....      | 40        |
| IV.47.2.3 obtentions d'un échantillon régional composite final.....             | 41        |
| IV.7.2.4 ajustements statistiques .....                                         | 42        |
| IV.7.3 Répartition spatial des pluies maximums journalières-calcul du ARF ..... | 42        |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| IV.7.4 Pluie maximale probable .....                                         | 44 |
| IV.7.5 Pluie de courte durée .....                                           | 45 |
| IV.8 CONCLUSION .....                                                        | 46 |
| Chapitre V: étude hydrologique                                               |    |
| V 1 Introduction .....                                                       | 47 |
| Les apports liquide .....                                                    | 47 |
| V .2 Méthodologie.....                                                       | 47 |
| V.2.2 Analyse des données .....                                              | 48 |
| V .2.3 Corrélation entre apports liquides et précipitations .....            | 48 |
| V.2.4 Comparaison avec les données de stations avoisinantes.....             | 50 |
| V.3 Etude des crues.....                                                     | 51 |
| V.3.1 Méthodologie .....                                                     | 51 |
| V.3.2 Débits maximaux.....                                                   | 52 |
| V.3.2.1 Débits de pointe-formules empiriques .....                           | 52 |
| V.4.1 Hydrogramme de crue .....                                              | 54 |
| V.4.2 Choix de la crue de projet .....                                       | 56 |
| V.5 Etude des apports solides .....                                          | 57 |
| V.6 Etude de régularisation de l'écoulement .....                            | 58 |
| V.6.1. Courbes caractéristique de la retenue.....                            | 58 |
| V.6.2. Régularisation interannuel.....                                       | 61 |
| V.6.2.1. Calcul du volume utile de barrage sans tenir compte des pertes..... | 61 |
| V.7 CONCLISION .....                                                         | 62 |
| Conclusion général                                                           |    |
| Conclusion générale.....                                                     | 64 |

## Liste des tableaux

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau II.1 : paramètres topologique du bassin de Mellagou .....                                        | 9  |
| Tableau II-2 Répartition hypsométrique du bassin d'oued Mellagou par tranche d'altitude....              | 13 |
| Tableau II.3 : Détermination de l'altitude moyenne .....                                                 | 15 |
| Tableau II.4 : Détermination des altitudes.....                                                          | 15 |
| Tableau II.5 : détermination de la pente M. Roche Ip.....                                                | 16 |
| Tableau II.6 : Classification des reliefs d'après l'ORSTOM.....                                          | 18 |
| Tableau II.7 : Caractéristiques hydro morpho métriques du bassin versant .....                           | 20 |
| Tableau IV.1 : températures à la station de Babar (°Celsius) 1980-2005 –réf (12).                        | 28 |
| Tableau IV.2 : humidité relative de l'air-station de Batna .....                                         | 29 |
| Tableau IV.3 : vent moyen en (m/s)_ station de Khenchela (moyenne sur 2000-2009).....                    | 30 |
| Tableau IV.4: Evaporation sur plan d'eau (mm) _répartition mensuelle à Babar (2001-2008                  | 30 |
| Tableau IV-5 : stations pluviométriques dans la zone d'étude. ....                                       | 32 |
| Tableau IV-6: détermination de Pa moy-méthode thiessene .....                                            | 33 |
| Tableau IV-7: détermination de Pa moy-méthode isohyètes .....                                            | 35 |
| Tableau IV.8: paramètres statistiques calculés sur les valeurs sélectionnées pour analyse régionale..... | 41 |
| Tableau IV.9: Pjmax en fonction de période de retour-loi Gumbel.....                                     | 42 |
| Tableau IV.10 : Estimation du coefficient d'abattement des postes pluviométriques choisis                | 43 |
| Tableau IV.11 : pluie journalière en fonction de la période de retour .....                              | 44 |
| Tableau IV.12 : pluies maximales des courtes durées.....                                                 | 45 |
| Tableau V.1: lame d'eau ruisselée et coefficient de ruissellement .....                                  | 50 |
| Tableau V.2 : Débits maximums selon la formule de Giandotti.....                                         | 53 |
| Tableau V.3 : Les débits maximums selon la formule de Turazza .....                                      | 53 |
| Tableau V.4: débits fréquentielles pour construction l'hydrogramme de crue (montée).....                 | 55 |
| Tableau V.5: débits fréquentielles pour construction l'hydrogramme de crue (décru).....                  | 56 |
| Tableau V-6: les caractéristiques topographiques de la retenue.....                                      | 58 |

## Liste des figures

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure I -1 : Organigramme de l'agence nationale des barrages et transferts.....                                                  | 2  |
| Figure II.1 : la situation bassin versant d'oued Mellagou par rapport à la totalité de la willaya de Khanchela (source ANBT)..... | 6  |
| Figure II-2 : la situation des station parat pour le bassin versant .....                                                         | 7  |
| Figure II-3 : Bassin versant d'oued Mellagou (à l'aide d'ARC GIS) .....                                                           | 9  |
| Figure II-4: Hypsométrique du bassin versant de Mellagou.....                                                                     | 14 |
| Figure II-5 Le profile en long d'un cours d'eau principale: .....                                                                 | 21 |
| Figure III-1 : la carte géologique de bassin versant d'oued Mellagou (source ANBT).....                                           | 24 |
| Figure IV-1 : variation mensuelle des températures-station de Babar .....                                                         | 28 |
| Figure IV.2 : variation mensuelle de l'humidité relative de l'air-station de Batna.....                                           | 29 |
| Figure IV.3 : évaporation sur plan d'eau-répartition mensuelle-barrage Mellagou.....                                              | 30 |
| Figure IV-4 : Pluie annuelle moyenne BV Mellagou-polygones de Thiessen (à l'aide ARC GIS) .....                                   | 34 |
| Figure IV-5: méthode des isohyètes pluies annuelle moyenne BV Mellagou-méthode des isohyètes (à l'aide ARC GIS).....              | 35 |
| Figure IV-6 : précipitation annuelles sur l'ensemble des stations pluviométriques .....                                           | 38 |
| Figure IV-7: Homogénéité des données pluviométrique et correction proposée à station de Bouhmama et Babar.....                    | 38 |
| Figure IV-8 : pluies annuelles à la station de Bouhmama et Babar .....                                                            | 38 |
| FigureIV-9 : précipitations mensuelles à bouhmama et babar-(1969-2009) .....                                                      | 39 |
| Figure IV-10: précipitation annuelles-bassin versant de Mellagou et station de Bouhmam....                                        | 42 |
| figure IV-11 : Pjmax en fonction de P jmax annuelle-mise en évidence du ARF régional .....                                        | 44 |
| Figure V-1: apports liquides historiques à la station de Mellagou.....                                                            | 48 |
| Figure V-2 : corrélation apports liquides-pluies annuelles (BV) .....                                                             | 49 |
| Figure V-3 : apports liquides et pluies de Bouhmama sur la période 1989-1999.....                                                 | 49 |
| Figure V-4 : hydrogramme de la crue pour déférentes période de retour .....                                                       | 56 |
| Figure V-5 : courbe des altitudes en fonction des volumes.....                                                                    | 59 |
| Figure V-6 : Courbe des altitudes en fonction des surfaces.....                                                                   | 60 |
| Figure V-7 : courbe des surfaces en fonction des volumes.....                                                                     | 60 |

## **Liste des abréviations**

ANBT : Agence Nationale des Barrages et Transferts.

BV : Bassin Versant.

ANRH : Agence Nationale des Ressources en Eau.

ARF: Area Reduction Factor.

PMP: Pluie Maximal Probable.

Pjmax: pluie maximale journalières.

NVM:Niveau du Volume Mort.

NNR: Niveau Normal de la Retenue.

# Introduction général

## 1. Introduction général

L'étude de milieu physique a pour finalité d'identifier et de caractériser les principaux facteurs qui conditionnent et déterminent les potentialités et les contraintes naturelles de territoire de bassin versant.

Le 1<sup>er</sup> chapitre parlé sur la présentation de l'entreprise (Agence nationale des barrages transferts).

Le 2<sup>ème</sup> chapitre de ce travail, tente de définir le comportement du bassin de l'Oued Mellagou, et de présenter les différents facteurs naturels qui régissent le milieu.

Les principaux facteurs analysés sont les suivants :

- Le cadre géographique et hydrographique du bassin et les caractéristiques des différentes Unités topographiques typique d'un milieu montagnard.

- L'étude géologique nous permettra de voir la disposition des différentes Unités, et leur influence non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine, mais également sur le ruissellement de surface et la perméabilité.

- Une étude géométrique et morphométrie de bassin ; Leur analyse nous permettra de Calculer les paramètres importants qui régissent le régime hydrologique d'un cours d'eau Situé le contexte topographique dans lequel s'exerce l'écoulement, l'impact de ce cadre Sur L'inscription et l'organisation du réseau de drainage et du type d'écoulement<sup>1</sup>.

# Chapitre I

## présentation de l'entreprise

## I.1 Introduction

L'Agence nationale des barrages et les transferts (ANBT) nous fournissent des données cartographiques actuelles et un accès à une large palette de services d'information géographique, notamment l'accès à la recherche et la visualisation de données géographiques et géo-localisées sur l'ensemble des barrages algériens. Il participe ainsi à la diffusion de l'information la plus large, et contribue au développement et à la préservation des infrastructures hydrauliques nationales.

Le large public, ainsi que la communauté scientifique et estudiantine pourront ainsi puiser à la source une information sûre, référencée et actualisée, grâce à un outil de consultation, de recherche, d'analyse et d'impression.

Un outil d'observation et de consultation, à l'échelle nationale, de l'évolution de la réserve en eau sur l'ensemble des barrages.

Comme il constitue le point d'entrée le plus fiable pour rechercher les principales données géographiques, leurs caractéristiques et moyens d'y accéder, de les visualiser et les exploiter.

C'est ce qui m'a poussé à choisir pour mon stage de thème étude hydrologie d'un barrage de Mellagou.

## I.2 Agence National des Barrages et Transferts

L'Agence Nationale des Barrages par abréviation « ANBT », a été créée le 11 Juin 1985 par décret n° 85-163 avec un statut d'Etablissement Public à caractère Administratif.

L'agence, sous tutelle du Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement, est Chargée, dans le cadre de la maîtrise d'ouvrage déléguée, de la mise en œuvre des plans et programmes nationaux d'études, de réalisation et de l'exploitation des infrastructures de mobilisation et de transferts des eaux superficielles.

### I.2.1 Organigramme

Une représentation schématique des liens fonctionnels et organisationnels de l'entreprise est donnée dans l'organigramme suivant

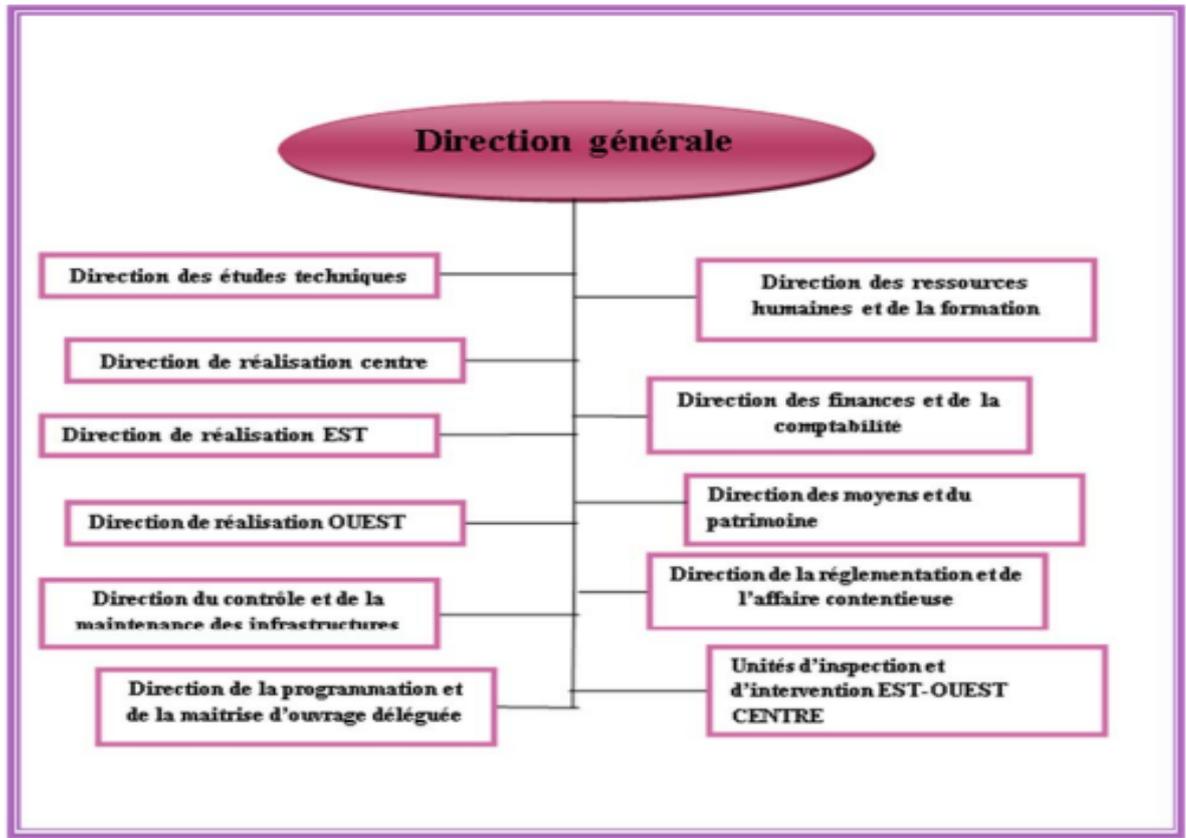


Figure I -1 : Organigramme de l'agence nationale des barrages et transferts

## I.2.2 Grande projet de Agence National des Barrages et Transferts

### I.2.2.1 Effectif : 5985

75 barrages d'une capacité globale de 8 milliards de m<sup>3</sup>, dont :

14 barrages réalisés antérieurement à 1962, d'une capacité totale de 556,44 hm<sup>3</sup>.

32 barrages réalisés entre 1962-1999, d'une capacité totale de 3 264,14 hm<sup>3</sup>.

26 barrages réalisés entre 2000- 2014, d'une capacité totale de 3 631,79 hm<sup>3</sup>.

03 barrages achevés en 2015, d'une capacité totale de 425 hm<sup>3</sup> : Tagharist (W.

Khenchela), Kef-Eddir (W. Tipaza) et Tabellout (W. Jijel ).

### I.2.2.2 Transferts

09- transferts (interconnexion entre barrages) d'une longueur totale de 497,21 km

09- adductions d'une longueur totale de 794,60 km

01 station de pompage (Béni Haroun (P : 02×90 Mw, Q Max 11,5 m<sup>3</sup>/s x2)

16 projets en cours de réalisation, dont :

09 barrages en cours de réalisation d'une capacité de 519 hm<sup>3</sup>

05 transferts en cours de réalisation d'une longueur totale de 240,656 km

01 projet de tunnel en cours de réalisation d'une longueur de 3,8 km

01 Galerie d'une longueur de 13,42 km : Système Est des Hautes Plaines Sétif Fiennes

### I.2.2.3 Etudes

– Etudes de faisabilité, dont :

03 études de faisabilité achevées ;

06 études de faisabilité de barrages en cours d'élaboration ;

11 études de faisabilité de barrages en cours de ; lancement

04 études de faisabilité inscrites non encore lancées ;

– 38 Etudes d'APD

01 Etude d'APD achevée durant le 1er semestre 2015 : barrage Ouldja (W. Khenchela)

11 Etudes d'APD en cours d'élaboration dont 10 barrages d'une capacité de 348,99 hm<sup>3</sup> et 01 transfert d'une longueur de 195 km ;

06 Etudes d'APD en cours de lancement ;

20 Etudes d'APD de barrages et transferts sont achevées mais non encore lancées en Travaux.

### I.2.2.4 Travaux

09 barrages sont en cours de réalisation.

02 barrages sont en cours de lancement.

05 transferts en cours de réalisation.

01 projet de tunnel en cours de réalisation.

### I.2.2.5 Exploitation

Les réserves emmagasinées dans les 75 barrages sont de 4,08 milliards de m<sup>3</sup>, correspondant à un taux de remplissage de 60 %. Pour une meilleure exploitation de ces ouvrages et afin de garantir leur pérennité, l'ANBT mène des actions d'entretien et de maintenance des équipements hydromécaniques.

Le contrôle et le suivi du comportement de ces ouvrages à travers leurs auscultations quotidiennes.<sup>3</sup>

## I.3 Conclusion

Au cours de mon stage au sein de l'Agence nationale des barrages et transfert où on m'a bien accueillie, j'avais la chance d'être bien intégré dans un grand établissement très réputé et possédant un poids considérable au secteur national. Ça m'a permis de prendre contact avec le monde du travail et de se situer au milieu socioprofessionnel, de découvrir les structures ainsi que le rythme de travail, et j'ai appris à utiliser des logiciels comme l'ARC GIS.

## Chapitre II

Présentation physique du bassin versant et  
collecte des données

## II.1 Introduction

Dans ce chapitre, on présente la région d'étude où se situe l'emplacement du barrage.

Un intérêt particulier est accordé à la collecte des données de qualité, dont la consistance dépend de l'approche méthodologique et de l'objectif fixé. La présente étude nécessite des données cartographiques, hydrologiques et pluviométriques de la région où se trouve le bassin versant.<sup>5</sup>

## II.2. Présentation générale de projet :

### II.2.1. Situation géographique :

L'aménagement projet se situe dans la wilaya de Khenchela (FigureII ,1), à environ 100 km à l'Est de la ville de Batna et un peu plus de 250 km de la côte méditerranéenne et à 50 km au nord du chef-lieu Khenchela.

Le barrage est destiné à l'irrigation des terres limitrophes mais également à l'AEP des zones habitées proches de la zone d'aménagement.

La route nationale qui relie Khenchela à Zeribet El Oued en passant par Babar permet d'accéder facilement au site aval du barrage Mellagou.

La visite de reconnaissance de la zone d'aménagement a porté sur la reconnaissance un Seul site de barrage.

**Ce site** qui a fait l'objet de la visite est situé sur l'Oued Mellagou, à proximité de la station hydrométrique, gérée par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources en Eau).les coordonnées en de ce site en UTM-32\_N, dénommé sont mentionnées ci-dessous<sup>1</sup> :

X=309 999 m

Y=3889 329 m

Z=830 m NGH

Le site est control un bassin versant de 560,765 Km<sup>2</sup> environ

### II.2.2 Wilayas concernées

Le barrage et la retenue projets se situent entièrement dans la wilaya de Khenchela.

Le bassin versant est réparti sur 6 communes de la wilaya. La plus grande partie du bassin versant située sur le territoire de la commune de Bouhamama.

Nous donnons à titre indicatif une description sommaire de la monographie de la wilaya de Khenchela.

**La wilaya de Khenchela** est située au Nord Est de l'Algérie. Elle est considérée commune ville d'équilibre des hauts plateaux avec liaisons aux territoires des Hauts plateaux

au Sud, du Tell au Nord. Elle s'étend sur une superficie de 9715 Km<sup>2</sup>, avec une population qui est de l'ordre de 384 268 habitants soit 40 hab/km<sup>2</sup> en moyenne.

Les limites géographiques se présentent comme suit :

- La wilaya d'Oum El Bouaghi au Nord.
- Les wilayas de Batna et de Biskra au Sud-Ouest.
- La wilaya de Tébessa à l'Est.
- La wilaya d'El Oued au Sud<sup>1</sup>.

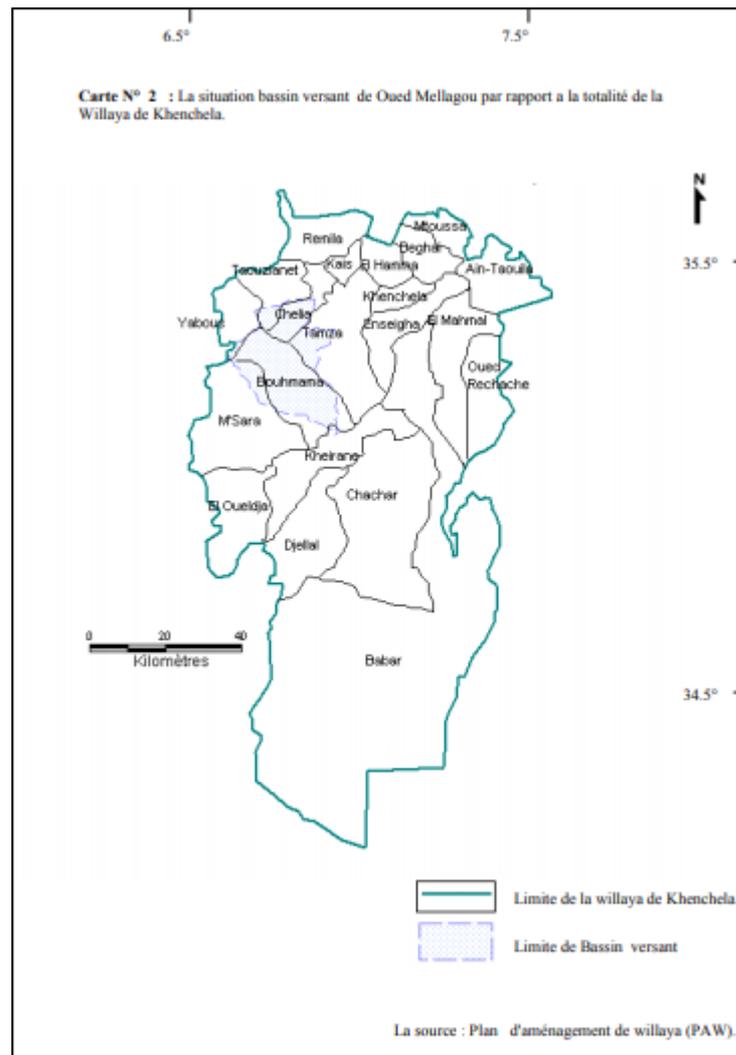


Figure II.1 : la situation bassin versant d'oued Mellagou par rapport à la totalité de la wilaya de Khanchela (source ANBT).

## II.3 BASSIN VERSANT DE MELLAGOU

### II.3.1 Description

Comme indiqué précédemment, le bassin versant de l'Oude Mellagou de situe à 200km environ de la côte méditerranéenne dans la zone semi-aride au Nord Est de l'Algérie. Il draine

d'une part les eaux de pluies qui tombent sur les montes de Chelia et d'autre part les pluies qui tombent sur le Djebel Bezez à l'Est.

Le bassin est constitué d'un massif montagneux qui culmine à 2230 m d'altitude sur les monts de Chelia. Il appartient à l'unité hydrologique du bassin 06 dz Chott Melrhir de type endoréique.

Le bassin versant présente un couvert végétal assez dense notamment au sommet, constitué principalement par les essences suivantes : pin, chêne maquis et végétation basse dominée par de l'Alfa .cette couverture végétale occupe 50 % environ du bassin versant<sup>6</sup>.

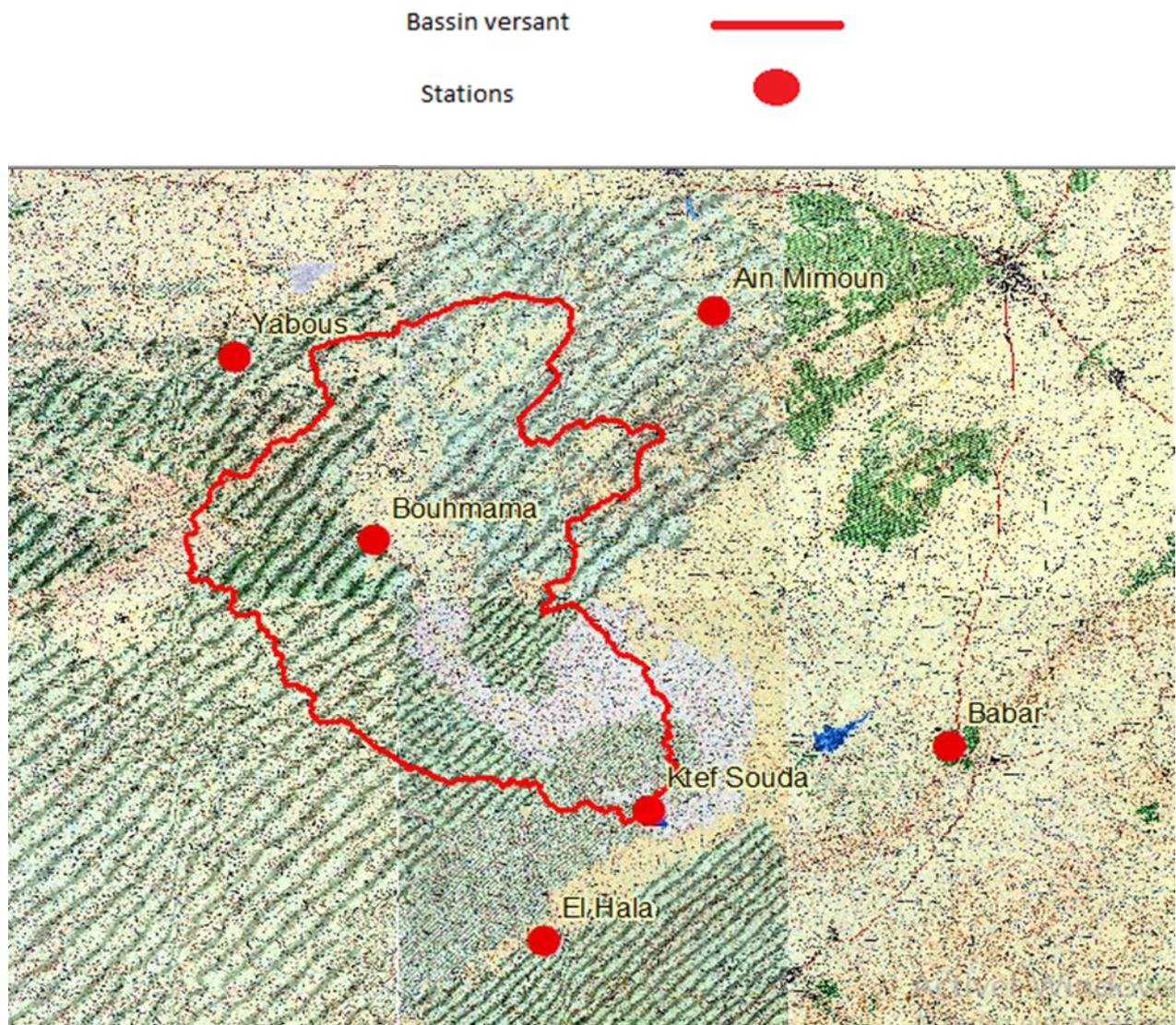


Figure II-2 : la situation des stations pluviométrique à partir le bassin versant d'oued Mellagou (ARC GIS)

## II.3.2 HYDROGRAPHIE

### II.3.2.1 Contexte général

L'Algérie est caractérisée par deux types de systèmes hydrographiques très contrastés : Les bassins septentrionaux de type exoréique à écoulement relativement important et souvent à régime permanent tels que les bassins côtiers constantinois, le bassin de la Soumam notamment, ainsi également le bassin hydrographique Kébir-Rhumel Seybouse ou la plupart des oueds sont caractérisés par un écoulement pérenne.

Les bassins de type endoréique à écoulement annuel modeste et intermittent. Les eaux de ruissellement ont pour exutoire, soit des Chotts, des Sebkhass ou des lacs. Ces bassins sont situés dans la zone méridionale de l'Algérie en l'occurrence les hauts plateaux, les Chotts tels que le Chott El Hodna ou le Chott El Melrhir, pour ne citer que les bassins de l'Est de l'Algérie.

### II.3.2.2 Hydrographie du bassin versant de Mellagou

Le bassin versant de l'Oued Mellagou qui appartient au grand bassin versant hydrologique 06 de Chott Melrhir, de type endoréique, a une superficie totale de 560,765 km<sup>2</sup> au droit du site aval et 508 km<sup>2</sup> au site amont. L'écoulement se fait pratiquement du Nord Est vers le Sud-Ouest (Figure II-3).

Le bassin versant de forme plus allongée, collecte des eaux de ruissellement qui arrivent de part et d'autre des versants.

Le réseau hydrographique est composé de thalwegs de grande importance à moindre importance qui drainent toutes les eaux pluviales. L'Oued principal s'appelle oued Mellagou, prend sa source au niveau de Djebel Chelia, dont le point culminant se situe à 2350 m.

Les zones montagneuses en amont du bassin versant, sont drainées par trois principaux oueds. Il s'agit de :

- **L'oued El Zreg** dont l'écoulement principal se fait du nord vers le sud. L'oued draine les parties septentrionales du Djebel Efoughal et de Kef Ghanem.
- **L'oued El Abiadh**, dont l'écoulement se fait d'Ouest en Est, draine les eaux de ruissellement du Djebel Chelia.
- **L'oued djaarir**, affluent de moyenne importance, draine les eaux en provenance du Djebel Aoudh et du Djebel Agouz.

A la confluence de ces trois oueds, située à l'aval de la localité de Bouhamama, se forme **l'oued Mellagou**.

Le long de son parcours, l'oued Mellagou reçoit d'autres affluents de moyenne à moindre importance. Il s'agit en l'occurrence de :

- **L'oued Adefi**, affluent de rive gauche, dont l'écoulement se fait d'est en ouest.
- **L'oued Taaffist**, affluent de rive droite dont l'écoulement se fait du sud au nord, puis d'ouest en est.
- **L'oude El Aiaich**, constitué lui-même de plusieurs affluents de moindre importance, draine les eaux de Ras Beguenou<sup>1</sup>.

Les principales **caractéristique topologique** du bassin versant, issues de l'analyse réseau hydrographique du bassin versant et établies à partir des cartes d'Etat-major au 1/50 000 pour le site, est regroupée dans le tableau

Tableau II.1 : paramètres topologique du bassin de Mellagou

| Désignation                                        | BV    |
|----------------------------------------------------|-------|
| Densité de drainage (km/km <sup>2</sup> )          | 0,310 |
| Fréquence de thalweg d'ordre 1 (km <sup>2</sup> -) | 0,342 |
| Coefficient de torrentialité                       | 0,906 |
| Rapport de longueur                                | 1,99  |
| Rapport de confluence                              | 4,28  |

**Remarque** : les rapports R<sub>l</sub> et R<sub>c</sub> ne sont jamais const, sans doute du fait des incertitudes qui entourent la détermination du nombre des cours d'eau, leur longueur et la surface tributaire de ces valeurs. Au vu de cette variabilité, les lois R<sub>l</sub> et R<sub>c</sub> ont été déterminées grâce à la pente de la régression linéaire entre leurs logarithmes (base 10).

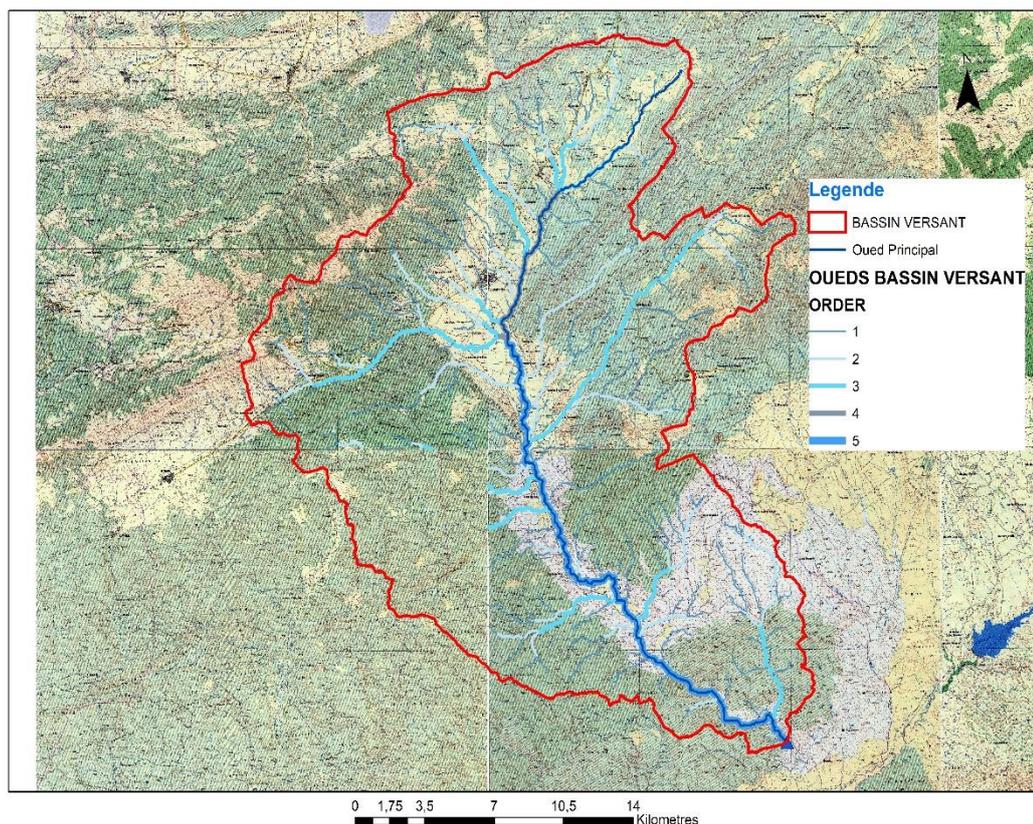


Figure II-3 : Bassin versant d'oued Mellagou (à l'aide d'ARC GIS)

### II.3.3 Caractéristique géomorphologiques principales du bassin

Les principales caractéristiques du bassin versant ont été déduites de l'assemblage de cartes topographiques<sup>5</sup> à l'échelle 1/50 000

|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| Kais-Ouest        | Kais-Est        |
| Dj toubount Ouest | Dj toubount Est |

#### A. Paramètres géométriques:

##### 1. La superficie :

La superficie d'un bassin versant est une dimension importante à connaître, car elle est à la base de tous les calculs hydrologique et les projets d'aménagement. La mesure de cette surface suppose d'abord la délimitation du bassin par la ligne de partage des eaux qui est matérialisée par la ligne des crêtes.

Les limites du sous bassin de l'Oued Mellagou sont très nettes en zones montagneuses où les reliefs sont très apparents, ils ne sont pas de même pour les plaines à topographie plane et aux formations superficielles perméables. Par l'outil d'ARC GIS la superficie de sous bassin est de l'ordre de 560,765 km<sup>2</sup>

## **2. Le périmètre**

Par curvimètre on mesure le périmètre P du bassin versant ; est :

$$P = 127.2 \text{ km}$$

**3. La longueur du thalweg principal** est mesurée à partir du profil de l'oued,

$$L_p = 49,733 \text{ km}$$

## **B- Caractéristiques hydro morphologiques :**

### **1-Indice de forme :**

La forme d'un bassin versant à une influence sur l'écoulement et surtout sur l'allure de l'hydro gramme de crue, ainsi un bassin très allongé ne régira pas de la même façon qu'un bassin de forme ramassée, si les autres conditions sont par ailleurs égales.

On exprime cette caractéristique par les différents indices dont l'indice de compacité de Gravelius qui est défini comme le rapport du périmètre stylisé du bassin au périmètre d'un cercle ayant la même surface. Plus cet indice se rapproche de l'unité plus le bassin aura une surface ramassée et plus le temps de concentration de l'eau sera court<sup>1</sup>.

$$K_C = \frac{P}{P_c} = \frac{P}{2\pi R} ; R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad P_c = 2\pi R = 2\pi \sqrt{\frac{S}{\pi}} \dots\dots\dots (II.1)$$

$$K_C = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{S}{\pi}}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (II.2)$$

P : périmètre du bassin versant (Km)

S : surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>)

K<sub>C</sub> : indice de Gravelius

Cet indice se détermine à partir d'une carte topographique en mesurant le périmètre du bassin versant et sa surface. Il est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée.

Soit :

Si K<sub>C</sub> = 1 => bassin ramassé

Si K<sub>C</sub> > 1 => bassin allongé

Donc : K<sub>C</sub> = 1,63

Indique que la forme de sous bassin est allongé. (Une faible compacité ce qui dire que le temps de concentration sera long).

### **2-Coefficient d'allongement :**

Il est donné par la formule suivante :  $K_P = \frac{L^2}{S}$  ..... (II.3)

Soit :  $K_P = 4,411$

3-Rectangle équivalent ou Rectangle de Graveleus

Est une transformation purement géométrique en un rectangle de dimension (L, l) ayant la même surface que la Bassin versant.

$$P = 2*(L+l) \quad \text{et} \quad S = L*l \quad \rightarrow (1) \quad \text{.....(II.4)}$$

La longueur L et la largeur l en Km sont données par la résolution de P et S :

$$K_C = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}} \quad \rightarrow (2) \quad \text{..... (II.5)}$$

De (1) et (2) on obtient une Equation de 2<sup>ème</sup> degré admet deux solutions L ; l :

$$L = \frac{K_C \sqrt{A}}{1,12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{K_C} \right)^2} \right) \quad ; \text{..... (II.6)}$$

$$L = 59,50 \text{ km}$$

$$l = \frac{K_C \sqrt{A}}{1,12} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{K_C} \right)^2} \right) \quad ; \text{..... (II.7)}$$

$$l = 9,42 \text{ Km}$$

Avec L : longueur du rectangle équivalent en (Km)

l : largeur du rectangle équivalent en (Km)

## C. Caractéristiques hydrographiques :

### 1.1 Le relief :

Le relief est un facteur essentiel, il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation. C'est un élément capital dans le comportement hydrologique d'un bassin.

La plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques sont en fonction de l'altitude, car l'altitude d'un relief dépend le gradient pluviométrique et thermique, ainsi que la vitesse d'écoulement qui sera en principe plus importante en montagne qu'en plaine.

La répartition du bassin versant (en km<sup>2</sup> et en % de la superficie totale) par tranches d'altitude est consignée dans le tableau N° II-2

D'après l'assemblage des cartes topographiques 1/50 000 de Toufana, Chélia, Dj Djahfa, Dj Toubout et Taberdga on ne constate que la zone d'étude représentée par deux parties :

\*- **La partie Nord** de la zone d'étude est caractérisée par deux massifs montagnards

(Massif de Chélia et massif d'Ouled Yagoub). Où les altitudes varient entre 1000 m et 2269m.

\*- **La partie Sud** de la zone d'étude est caractérisée par les collines et les Djebels dont L'altitude est varié entre 800m et 1365 m.

\*- l'altitude maximale : Le sous bassin de l'Oued Mellagou atteint 2318m à son point Culminant au sommet de Ras Kelthoum.

\*- L'altitude minimale : le point le plus bas correspond à 843m au niveau des plaines près de l'exutoire. Donc une dénivelée totale de 1526 m.

Tableau II-2 Répartition hypsométrique du bassin d'oued Mellagou par tranche d'altitude

| Altitude  | Altitude moy | Surface            | Surface | surface cum        | surface cum |
|-----------|--------------|--------------------|---------|--------------------|-------------|
| H(m)      | Hi-Hi-1(m)   | (km <sup>2</sup> ) | (%)     | (km <sup>2</sup> ) | (%)         |
| 2220-2318 | 2269         | 0,253              | 0,045   | 0,253              | 0,045       |
| 2122-2219 | 2170,5       | 0,919              | 0,164   | 1,172              | 0,209       |
| 2023-2121 | 2072         | 3,323              | 0,593   | 4,495              | 0,802       |
| 1925-2022 | 1973,5       | 5,768              | 1,029   | 10,263             | 1,830       |
| 1827-1924 | 1875,5       | 7,282              | 1,299   | 17,545             | 3,129       |
| 1728-1826 | 1777         | 9,608              | 1,713   | 27,153             | 4,842       |
| 1630-1727 | 1678,5       | 11,840             | 2,111   | 38,993             | 6,954       |
| 1532-1629 | 1580,5       | 20,710             | 3,693   | 59,704             | 10,647      |
| 1433-1531 | 1482         | 46,568             | 8,304   | 106,272            | 18,951      |
| 1335-1432 | 1383,5       | 74,270             | 13,244  | 180,542            | 32,196      |
| 1237-1334 | 1285,5       | 103,806            | 18,511  | 284,348            | 50,707      |
| 1139-1236 | 1187,5       | 102,796            | 18,331  | 387,144            | 69,039      |
| 1040-1138 | 1089         | 92,218             | 16,445  | 479,363            | 85,484      |

|          |       |        |        |         |         |
|----------|-------|--------|--------|---------|---------|
| 942-1039 | 990,5 | 63,804 | 11,378 | 543,167 | 96,862  |
| 843-941  | 892   | 17,598 | 3,138  | 560,765 | 100,000 |

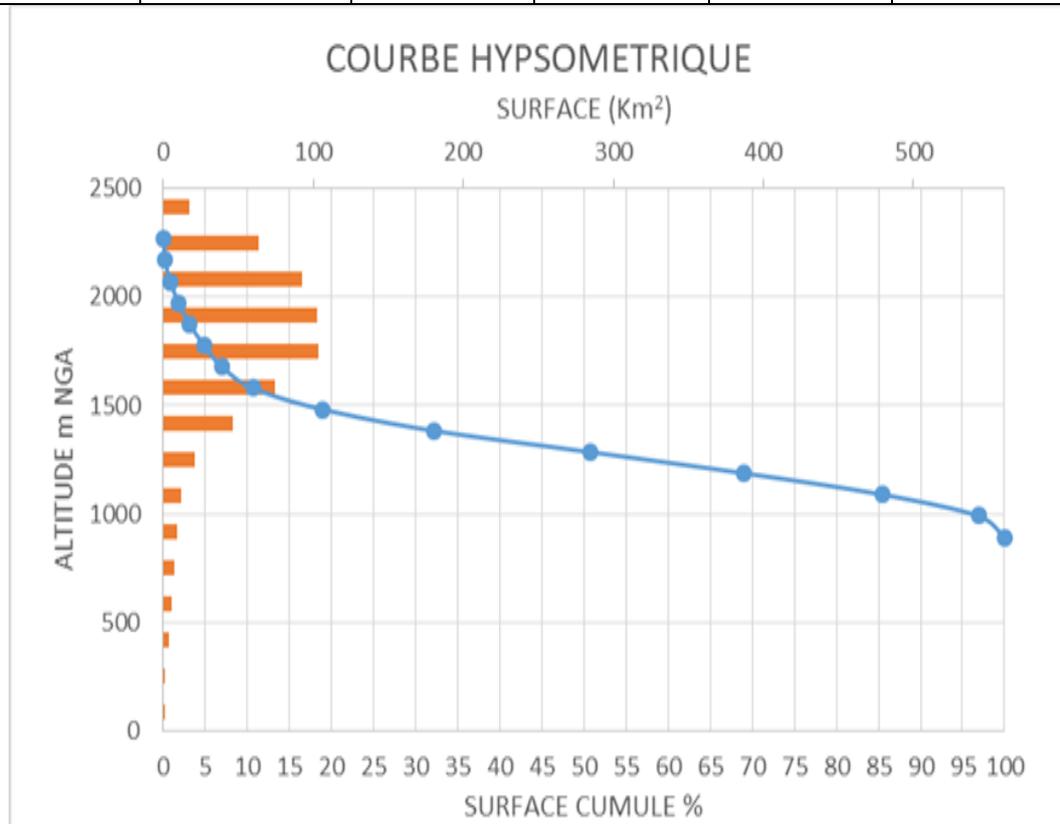


Figure II-4: Hypsométrie du bassin versant de Mellagou

Sur la courbe hypsométrique, l'altitude médiane H50% et H95%, H5% sont déterminées.

- L'altitude médiane, (H50%) = 1285,5 m
- L'altitude à 5 % de la surface, (H5%) = 1777 m.
- L'altitude à 95 % de la surface, (H95%)= 990,5 m

**L'altitude moyenne :**

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir comme suit :

$$H_{\text{moy}} = \frac{S_i \cdot H_i}{S} \dots\dots\dots(\text{II.8})$$

Avec :

- $H_{\text{moy}}$  : altitude moyenne du bassin [m] ;
- $S_i$  : aire comprise entre deux courbes de niveau [km<sup>2</sup>] ;
- $H_i$  : altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m] ;
- $S$  : superficie totale du bassin versant [km<sup>2</sup>].

L'altitude moyenne est peu représentative de la réalité. Toutefois, elle est parfois utilisée dans l'évaluation de certains paramètres hydrométéorologiques ou dans la mise en œuvre de modèles hydrologiques.

Tableau II.3 : Détermination de l'altitude moyenne

| Altitude (m) | Hi(m)  | Si (km <sup>2</sup> ) | Si*Hi (km <sup>2</sup> .m) |
|--------------|--------|-----------------------|----------------------------|
| 2220-2318    | 2269   | 0,253                 | 574,936                    |
| 2122-2219    | 2170,5 | 0,919                 | 1993,667                   |
| 2023-2121    | 2072   | 3,323                 | 6885,820                   |
| 1925-2022    | 1973,5 | 5,768                 | 11382,773                  |
| 1827-1924    | 1875,5 | 7,282                 | 13658,233                  |
| 1728-1826    | 1777   | 9,608                 | 17072,710                  |
| 1630-1727    | 1678,5 | 11,840                | 19873,729                  |
| 1532-1629    | 1580,5 | 20,710                | 32732,713                  |
| 1433-1531    | 1482   | 46,568                | 69013,838                  |
| 1335-1432    | 1383,5 | 74,270                | 102752,681                 |
| 1237-1334    | 1285,5 | 103,806               | 133442,568                 |
| 1139-1236    | 1187,5 | 102,796               | 122070,815                 |
| 1040-1138    | 1089   | 92,218                | 100425,802                 |
| 942-1039     | 990,5  | 63,804                | 63197,927                  |
| 843-941      | 892    | 17,598                | 15697,627                  |

Donc

$$H_{moy} = \frac{710775,841}{560,765} = 1267,511 \text{ m NGA}$$

Tableau II.4 : Détermination des altitudes.

| Altitude             | Valeur (m) |
|----------------------|------------|
| H <sub>moyen</sub>   | 1267,511   |
| H <sub>médiane</sub> | 1285,5     |
| H <sub>95</sub>      | 990,5      |
| H <sub>5</sub>       | 1777       |
| H <sub>max</sub>     | 2318       |
| H <sub>min</sub>     | 843        |

#### 4. les indices :

Le relief par sa configuration joue un rôle important vis-à-vis de l'aptitude des différents terrains au ruissellement, elle exerce une influence directe sur la rapidité de l'écoulement et donc sur la puissance de la crue.

##### Indices de pente :

##### Indice de pente de Roche $I_p$ :

##### Indice de pente M.ROCHE $I_p$ :

$I_p$  est la moyenne de la racine carrée des pentes mesurées sur le rectangle équivalent, et pondérée par les surfaces comprises entre 2 courbes de niveau  $H_i$  est  $H_{i-1}$ . Il est donné par la formule suivante :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_i^n \sqrt{A_i D_i} \dots\dots\dots (II.9)$$

L : longueur de rectangle équivalent (m)

$A_i$  : surface partielle (%) comprise entre 2 courbes de niveau consécutives  $H_i$  et  $H_{i+1}$

Tableau II.5 : détermination de la pente M. Roche  $I_p$

| hi-hi-1   | DI (hi-hi-1) | Si (km <sup>2</sup> ) | Ai=si/s (%) | $\sqrt{A_i D_i}$ |
|-----------|--------------|-----------------------|-------------|------------------|
| 2220-2318 | 98           | 0,253                 | 0,045       | 2,104            |
| 2122-2219 | 97           | 0,919                 | 0,164       | 3,986            |
| 2023-2121 | 98           | 3,323                 | 0,593       | 7,621            |
| 1925-2022 | 97           | 5,768                 | 1,029       | 9,989            |
| 1827-1924 | 97           | 7,282                 | 1,299       | 11,224           |
| 1728-1826 | 98           | 9,608                 | 1,713       | 12,958           |
| 1630-1727 | 97           | 11,840                | 2,111       | 14,311           |
| 1532-1629 | 97           | 20,710                | 3,693       | 18,927           |
| 1433-1531 | 98           | 46,568                | 8,304       | 28,528           |
| 1335-1432 | 97           | 74,270                | 13,244      | 35,843           |
| 1237-1334 | 97           | 103,806               | 18,511      | 42,375           |
| 1139-1236 | 97           | 102,796               | 18,331      | 42,168           |
| 1040-1138 | 98           | 92,218                | 16,445      | 40,145           |
| 942-1039  | 97           | 63,804                | 11,378      | 33,222           |
| 843-941   | 98           | 17,598                | 3,138       | 17,537           |
|           | somme        | 560,765               | 100         | 320,937          |

AN :  $I_p = 1,32\%$

**Indice de pente globale  $I_g$**  : (P. Dubreuil, 1974)

$$I_g = \frac{D}{L} \dots\dots\dots (II.10)$$

Ou  $D$  = Dénivelée entre H5% et H95%

On prend :

$D = H_{5\%} - H_{95\%}$  pour notre bassin versant, avec :

H5% et H95% : sont les altitudes correspondantes à S5% et S95%

On a donc  $D = 1777 - 990,5 = 786,5$  m

$L$  : la longueur du rectangle équivalent (km)

Soit :  $I_g = 13,22\text{m/km} \Rightarrow I_g = 1,32\%$

**Indice de pente moyenne  $I_{pm}$**  :

L'indice de pente moyenne est le rapport entre la dénivelée et la longueur de rectangle équivalent.

$$I_{pm} = \frac{\Delta}{L} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \dots\dots\dots (II.11)$$

$\Rightarrow I_{pm} = 24,79$ .

## D. Caractéristiques physiographiques :

### **1) Densité de drainage $D_d$** :

C'est le rapport entre la longueur total de tous les talwegs «  $L_i$  » du bassin versant, à la surface «  $S$  » Elle reflète la dynamique du bassin, la stabilité du chevelu hydrographique et le type de ruissellement de surface. Elle est exprimée en  $\text{Km}/\text{Km}^2$ .

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{S} \dots\dots\dots (II.12)$$

Avec :

$\sum_{i=1}^n L_i$  : La longueur totale de tous les cours d'eau égale à 507,9 Km.

$S$  : Superficie du bassin versant en ( $\text{Km}^2$ ).

Soit :  $D_d = 0,91\text{km}/\text{km}^2$

**2) Densité du thalweg élémentaire:**

$$F_1 = \frac{N_1}{S} \dots\dots\dots (II.13)$$

$N_1$  : Nombre de thalwegs d'ordre 1,  $N_1=192$ .

$S$  : Superficie du bassin versant.

Soit :  $F_1 = 0,34 \text{ thalweg/km}^2$

**3) Coefficient de torrentialité :**

Il est défini comme étant :

$$C_t = D_d \cdot F_1 \dots\dots\dots (II.14)$$

AN:  $C_t = 0,31 \text{ Km}^{-3}$

**4. Dénivelée spécifique (DS)**

La dénivelée spécifique permet de définir les différents types de relief des bassins versants.

$$DS = I_g * \sqrt{S} \dots\dots\dots(II.15)$$

$I_g$  : indice de pente globale.

$S$  : surface de bassin versant.

$DS=313 \text{ m}$

La dénivelée spécifique est interprétée par r la classification d'O.R.S.T.O.M.

Tableau II.6 : Classification des reliefs d'après l'ORSTOM.

|    |                     |                           |
|----|---------------------|---------------------------|
| R1 | Relief très faible  | $D_s < 10\text{m}$        |
| R2 | Relief faible       | $10 < D_s < 25\text{m}$   |
| R3 | Relief assez faible | $25 < D_s < 50\text{m}$   |
| R4 | Relief modéré       | $50 < D_s < 100\text{m}$  |
| R5 | Relief assez fort   | $100 < D_s < 250\text{m}$ |
| R6 | Relief fort         | $250 < D_s < 500\text{m}$ |
| R7 | Relief très fort    | $D_s > 500\text{m}$       |

Les valeurs de DS, traduisent bien l'importance du volume montagneux et la forte incision du relief. Notre bassin versant présente un relief fort (R6) car :  $250 \text{ (m)} < D_s < 500\text{m}$ .

**II.3.3.1 Le temps de concentration (TC) :**

C'est le temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour parvenir à l'exutoire, pour son calcul, nous faisons appel à les formules de :

### A .La formule de Giandotti :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L_p}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \dots\dots\dots (II.16)$$

- S: la surface totale de bassin versant (Km<sup>2</sup>)
- L<sub>p</sub> : la longueur de cour d'eau principale (Km).
- H<sub>moy</sub> : altitude moyenne (m).
- H<sub>min</sub> : altitude minimale (m).

**Tc=10,27 heures**

### B. La formule dite Algérienne :

Par SAADI Charif et TAMANI, en 1992. Cette formule a été déterminée à partir de l'analyse des événements (averse – crues) relevés sur 15 bassins versant du nord du pays.

$$T_c = 0.0055 * A + 0.1657 * L + 0.0087 * Dh + 0.821$$

T<sub>c</sub> : temps de concentration du bassin versant en heures.

A : surface du bassin versant en Km<sup>2</sup>.

Dh : différence entre l'altitude moyenne et l'altitude minimale du bassin versant en mètre.

L : la longueur du cours d'eau principale en Km

**Tc=15,84 heures**

D'après les valeurs de temps de concentration, on distingue que le temps de concentration est court ce qui favorise l'écoulement et augmente la vitesse de ruissellement.

En bref la détermination du temps de concentration donne une idée sur le débit maximum des crues pour différentes fréquences voulues, dans notre travail on estime le temps de concentration par la formule de Giandotti car ; c'est la plus applicable en Algérie.

Alors que la vitesse de transfert des écoulements se calcul de la façon suivante :

$$V_r = \frac{L}{T_c} \dots\dots\dots (II.17)$$

L : Longueur du thalweg principal (Km)

T<sub>c</sub> : Temps de concentration (h)

Soit :

$$V_r = 4,84 \text{ Km/h}$$

C'est une vitesse importante, qui peut exprimer la pente forte du talweg principale.

La connaissance des paramètres morpho métriques d'un bassin versant est nécessaire afin de connaître leurs effets sur la variation du régime hydrologique. Les caractéristiques physiques d'un bassin versant influent fortement sur les caractéristiques hydrologiques et

notamment le régime de l'écoulement en période de crue. Ces caractéristiques sont représentées respectivement dans le tableau suivant :

Tableau II.7 : Caractéristiques hydro morpho métriques du bassin versant

| Désignation                   |          | Symbole          | Unités             | Valeur   |
|-------------------------------|----------|------------------|--------------------|----------|
| Superficie                    |          | S                | km <sup>2</sup>    | 560,765  |
| Périmètre                     |          | P                | Km                 | 137,799  |
| Longueur du thalweg principal |          | L                | Km                 | 49,733   |
| Indice de compacité           |          | K <sub>C</sub>   |                    | 1,63     |
| Coefficient d'allongement     |          | K <sub>P</sub>   |                    | 4,411    |
| Rectangle équivalent          | Longueur | L                | Km                 | 59,50    |
|                               | Largeur  | L                | Km                 | 9,42     |
| Altitudes                     | Maximale | H <sub>max</sub> | m                  | 2318     |
|                               | Moyenne  | H <sub>moy</sub> | m                  | 1267,511 |
|                               | Médiane  | H <sub>med</sub> | m                  | 1285,5   |
|                               | Minimale | H <sub>min</sub> | m                  | 843      |
| Indice de pente de Roche      |          | I <sub>P</sub>   | m/Km               | 1,3157   |
| Indice de pente globale       |          | I <sub>g</sub>   | m/Km               | 13,218   |
| Indice de pente moyenne       |          | I <sub>pm</sub>  | m/Km               | 2,967    |
| Densité de drainage           |          | D <sub>d</sub>   | Km/Km <sup>2</sup> | 0,906    |
| Coefficient de torrentialité  |          | C <sub>t</sub>   | Km <sup>-3</sup>   | 0,310    |
| Temps de concentration        |          | T <sub>c</sub>   | H                  | 10,27    |
| Vitesse de ruissellement      |          | V <sub>r</sub>   | Km/h               | 4,84     |

## II. 4. Le profile en long d'un cours d'eau principale:

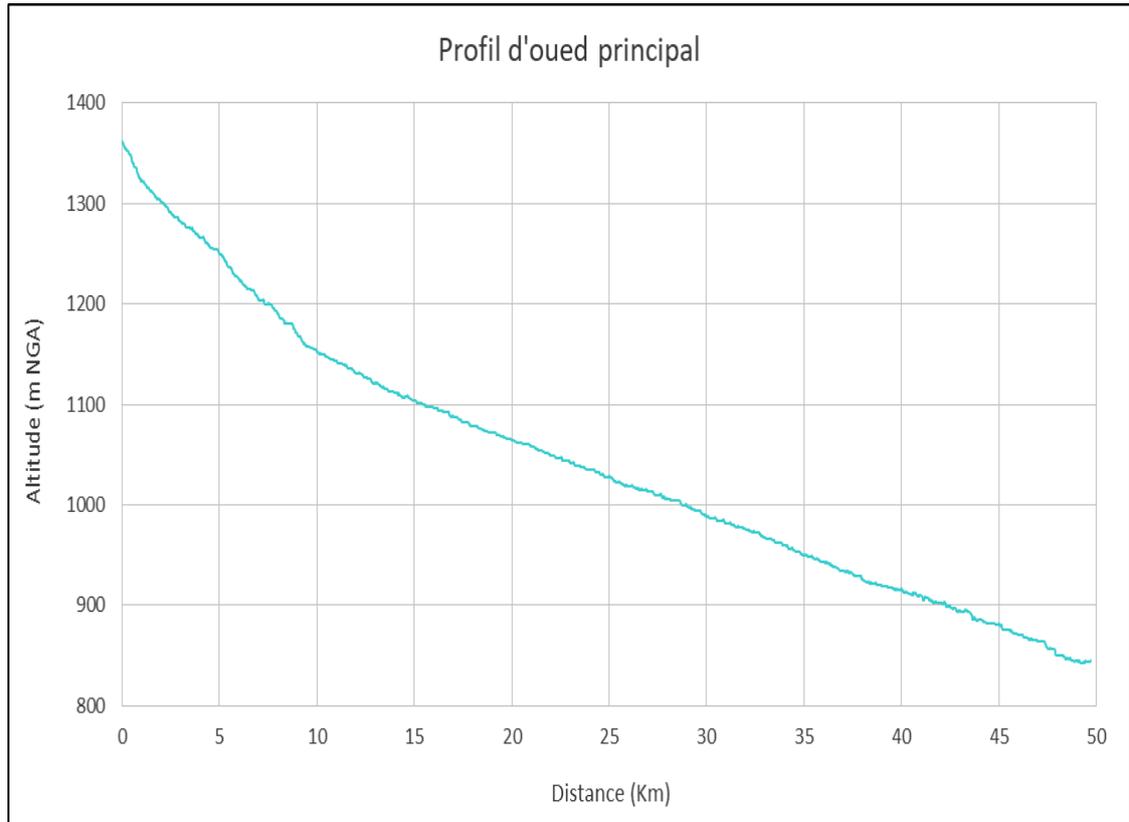


Figure II-5 Le profile en long d'un cours d'eau principale:

Le profil longitudinal d'un cours d'eau principale (Oued Mellagou) et ces affluents, permet de définir sa pente moyenne caractéristique qui détermine la vitesse avec laquelle l'eau aboutit à l'exutoire de bassin versant et donc le temps de concentration sur le débit maximal.

Les profils longitudinaux de cours d'eau d'Oued Mellagou se caractérisent par des pentes assez faibles exprime que l'oued s'écoule dans la plaine avec un écoulement linéaire non régressive mais; la forte déclivité des affluents qui drainent les flancs abrupts des massifs montagneux, accentuent les vitesses de propagation des crues, et favorisent l'érosion fluviale.

Ce dernier a le rôle principal dans l'accumulation des matériaux détritiques déposés dans les vallées d'Oued Mellagou.

## II.5 Conclusion

Après avoir étudié les différentes composantes des milieux physique de bassin versant de Oued Mellagou ; il ressort que la zone d'étude offre des caractéristiques spécifiques et particulière à la région montagneuse. Ce sont les paramètres qui conditionnent la bonne exploitation et la réussite aménagement, donc il faut les prendre en considération ; soit pour l'exploitation soit pour l'aménagement.

On peut conclure les principaux caractéristiques des composantes des milieux physique de bassin versant de Oued Mellagou par :

Le bassin versant occupe une superficie de 560,765 km<sup>2</sup>.

Les caractéristiques du bassin versant prouvent que le bassin versant est allongé, les pentes sont décroissantes elle varie entre (0 – 30 %) et avec majorité de (3-12.5%) et (12.5 – 25%), ceci provoque une accélération d'écoulement surtout durant des crues ce qui traduit par un risque majeur c'est l'érosion hydrique.

# Chapitre III

## Etude géologique

## III.1 INTRODUCTION

Il est important avant de réaliser un barrage quelconque de prendre l'avis d'un géologue qui doit nous informer si le site est géologiquement favorable à la construction d'une retenue imperméable, il peut assurer une bonne assise à la digue et peut fournir les matériaux nécessaires à sa construction.

Pour le site du barrage Mellagou étude géologique basée essentiellement sur plusieurs visites de reconnaissance in situ par observation faites sur le terrain, levé géologique du site et bassin versant et sa carte géographique à l'échelle 1/500, ainsi que des travaux des sondages au niveau du site du barrage.

## III.2 APERCU GEOLOGIQUE

### III.2.1 Aspects de géologie régionale

La géologie de la région est caractérisée par des séries sédimentaires, principalement du jurassique et du crétacé. Généralement, il s'agit d'alternance de marnes, calcaires marneux et calcaires.

La zone d'étude est fortement dominée par le faciès marneux. Toutefois, les bancs calcaire sont notables et forment d'excellent horizons-repère, permettent la lecture directe des différentes structures géologiques.

Sur le plan régional, les grandes structures géologiques sont alignées dans la direction NE-SW. Les montagnes, allongées suivant la même direction, correspondant aux zones de charnière des grands plis anticlinaux. Mais aussi à des synclinaux (inversion de relief).

Les plis ont généralement des longueurs d'onde de quelques kilomètres, ce qui cohérent avec l'épaisseur des sédiments au-dessus du niveau de décollement régional qui est localisé dans les horizons évaporitiques (sel, gypse) du trias.

Le gypse triasique, qui n'affleure qui très rarement se présente sous forme sous la forme de masses intrusives, discordantes par rapport à l'encaissant d'âge crétacé. De même les évaporites par des structures géologiques irrégulières, qui contrarient localement la discontinuité des linéaires NE-SW<sup>4</sup>.

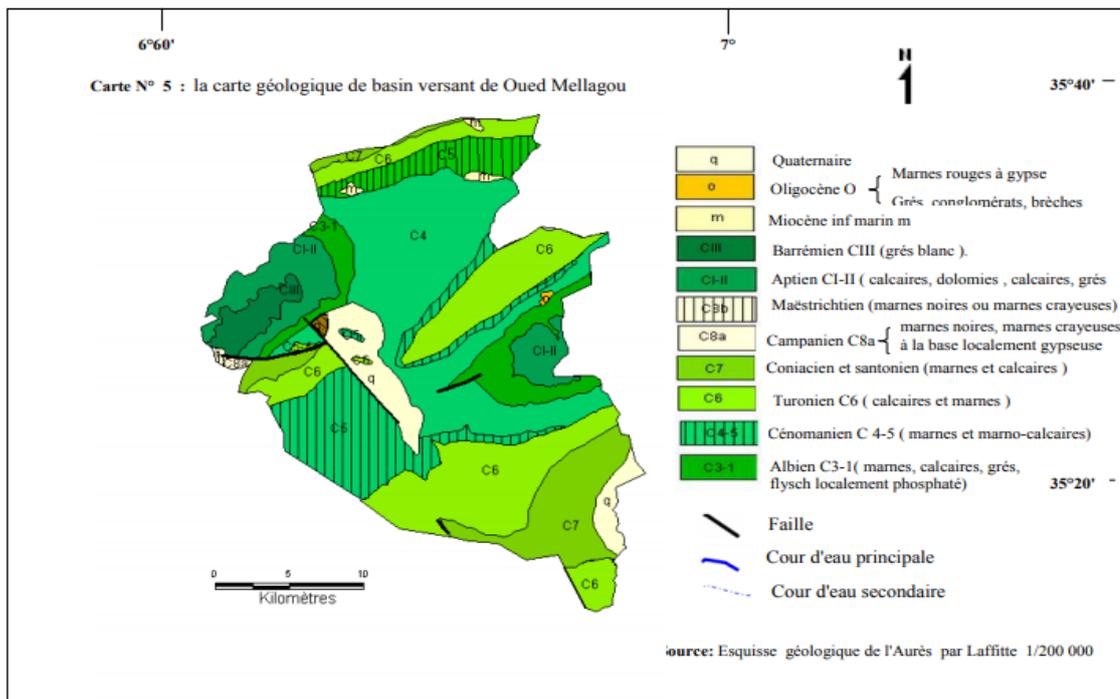


Figure III-1 : la carte géologique de bassin versant d’oued Mellagou (source ANBT)

### III.3 Conclusion

L’étude géologique nous permettra de dire que le site contient plusieurs couches géologiques important dans la construction du barrage qui est l’ouvrage a étudié dans ce mémoire.

# Chapitre IV

## étude climatique

## IV. Introduction

Plus encore que les facteurs morphologiques et lithologiques, les conditions climatiques du bassin versant jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau.<sup>5</sup>

Les précipitations et les facteurs climatiques dans leur ensemble sont des variables aléatoires dans le temps et dans l'espace, permettent d'expliquer quantitativement les variations des composantes du régime hydrologique dans sa conception la plus large.

C'est pourquoi nous consacrerons, à travers ce chapitre, un développement particulier au climat du bassin de Mellagou.

L'équipement climatologique du bassin est cependant loin d'être satisfaisant. Le manque de documentation est flagrant, les longues séries d'observation sont rares.

Les séries pluviométriques qui présentaient des lacunes ont été largement homogénéisées avant leur utilisation; cela est essentiel pour arriver à une série longue et continue.

Malgré le caractère fragmentaire des mesures, les températures atmosphériques du bassin seront esquissées en soulignant plus particulièrement l'importance de la saison sèche et donc l'effet déterminant de l'évapotranspiration, paramètre essentiel du déficit d'écoulement.<sup>6</sup>

### IV.2 Données hydro climatologiques de base

#### IV.2.1 Données climatologiques

Pour les données climatologiques, on a eu recours notamment aux données relevées aux stations de Babar (pour températures), Tébassa pour la vitesse du vent, qui est convenables pour caractériser le climat de la zone d'étude. Egalement la station de Fom El Gueiss est prise en compte pour la longue de série sur l'évaporation mesurée sur bac Colorado.

#### IV.2.2 Données pluviométriques

Le bassin versant, compte tenu de sa grande superficie dispose directement de quatre stations pluviométriques (Bouhamama, Ktef Es Souda, Babar et Halla). Egalement, aux alentours immédiats, nous pouvons mentionner d'autres stations pluviométriques d'intérêt. Il s'agit en l'occurrence des stations pluviométriques : Yabous (07-06-04), et Chelia (07-06-06).

Ces stations ont l'avantage de présenter une période d'observation assez intéressante qui commence depuis 1969 à l'an 2010 pour la plupart, avec des lacunes qui seront éventuellement complétées. Les observations d ces stations nous fournissent d'une part les totaux mensuels et annuels utiles pour l'estimation de la lame d'eau moyenne inter annuelle et d'autre part les pluies maximales journalières annuelles nécessaires à l'étude des crues.

Par ailleurs, nous disposons de la carte pluviométrique établie par l'ANRH(1993), notamment pour déterminer la lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin versant, en appliquant **les méthodes de Thiessen et des Isohyètes**.

### IV.2.3 Données hydrométriques

Concernant les données hydrométriques, nous disposons de deux stations, dont l'une contrôle le bassin de l'oued Mellagou au site du futur barrage. Néanmoins, la courte série des débits liquides nous amène à prendre en considération les données observées aux stations situées sur les bassins limitrophes. Pour les autres stations, il s'agit de :

La station de Khangat Sidi Nadji (06-18-01) située à l'aval de l'aménagement sur l'oued El Arab.

La station hydrométrique (06-18-11) de Ktef Es Souda sur l'oued Mellagou, située au niveau de l'axe aval du futur barrage<sup>7</sup>.

### IV.2.4 Les données sur les apports solides

La station de Ktef Es Souda de Mellagou (06-18-11) dispose d'une série d'observation du transport des sédiments en suspension sur une période de 10 années. La formule de Tixeront sera également utilisée pour la détermination du taux de dégradation spécifique. Les mesures des transports solides effectuées sur les bassins analogues de la zone d'étude seront également considérées dans le cadre de cette étude.

## IV.4 Climat

### IV.4.1 Contexte climatique

L'est Algérien est la région la plus variée sur le plan climatique. En règle générale, les précipitations décroissent du littoral vers l'intérieur du pays suivant un gradient latitudinal, contrarié à un certain moment par l'effet orographique de l'Atlas Saharien, pour ensuite s'accroître à nouveau dans le piémont saharien.

Les cartes élaborées de l'Algérie établie par Seltzer en 1946, Chaumont-Paquin en 1971, puis par l'ANRH en 1993, mettent évidence la variation spatio-temporelle des précipitations.

Au nord, le climat est typiquement méditerranéen. Les étés sont chauds et secs, les hivers doux et humides (400 et 1000 mm de pluie par an). Les températures moyennes (25°C en Aout et 12°C en janvier à Alger), varient en fonction de l'altitude.

En été, le sirocco, un vent extrêmement chaud et sec, souffle du Sahara. Sur les hauts plateaux et dans l'Atlas saharien, les précipitations sont peu abondantes (200 à 400 m). Dans le Sahara, elles sont inférieures à 130 mm par an. L'amplitude thermique y est très importante (de

49°C le jour à moins de 10°C la nuit). L'aridité du climat est souvent accentuée par des vents de sable très violents.

L'atlas saharien, en raison de l'effet orographique et de l'exposition du versant nord, se caractérise par une remontée du total des précipitations vers des valeurs comprise entre 400 et 600 mm, l'isohyète 300 mm, est amorce de la décroissance des précipitations sur le piémont sud atlasique dont la bordure méridionale est jalonnée par l'isohyète 200 mm, voire 150 mm.<sup>7</sup>

#### IV.4.2 Etages climatiques

Les domaines bioclimatiques sont définis par la combinaison des précipitations et des températures<sup>8</sup>. Ont été mis en évidence cinq étages bioclimatiques méditerranéens, en fonction de la pluviométrie annuelle, de la température et du taux d'humidité<sup>9</sup>:

- Etage humide : avec une pluviométrie supérieur à 900 mm et une forte humidité de l'air.
- Etage subhumide : avec une pluviométrie >600 mm
- Etage semi-aride : avec une pluviométrie comprise entre 300 et 500 mm, et un déficit hydrique net.
- Etage subaride : avec des précipitations <300 mm et un nombre de mois secs > nombre de mois humides.
- Etage aride : avec des précipitations <150 mm, et 12 mois déficitaires hydrique ment.

A cet effet, une carte simplifiée montre une illustration des différents étages bioclimatiques.

Le bassin versant de Mellagou est marqué par les monts des Aurès. Les montagnes culminent à plus de 2000 m d'altitude avec un régime hivernal pluvionival. La précipitation dans cette zone autour de 600 mm, notamment à la station de Chelia. En revanche, au niveau de la station de Ktef Es Souda, la précipitation moyenne, selon la station de l'ANRH n'est plus que de 200 mm La partie haute du bassin versant est située en partie dans la zone semi-aride (450<P<600 mm) et dans la partie basse dans l'étage subaride (p<300 mm).

##### IV.4.2.1 Aperçu climatique

L'objectif de l'étude climatologique est de fournir des informations concernant le climat, nécessaires pour la conception du barrage et de ses ouvrages annexe.

Pour caractériser le climat, on a eu recours aux stations situées dans la zone d'étude et aux environs immédiats.

### IV.4.2.2 Température de l'air

En Algérie, la présence du sirocco, un vent chaud et sec qui vient du Sahara, est caractéristique. Les températures maximales ont pour origine ce phénomène particulier, qui est accompagné par une humidité réduite.

Dans le tableau IV.1 sont portées les températures moyennes, maximales et minimales relevées à la station de Babar. Celles-ci peuvent à priori caractériser les températures au site de barrage de Mellagou.

Tableau IV.1 : températures à la station de Babar (°Celsius) 1980-2005 –réf (12).

| Mois | Sep   | Oct   | nov   | Dé    | jan | fév   | Mars  | avril | mai   | juin  | juil  | aout  | Année |
|------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| max  | 29,10 | 21,82 | 15,51 | 11,08 | 11  | 12,07 | 17,06 | 23,08 | 30,02 | 34,09 | 35,06 | 35,06 | 22,91 |
| Moy  | 21,15 | 13,87 | 9,55  | 6,05  | 6   | 7,12  | 10,17 | 13,69 | 19,52 | 24,20 | 26,09 | 24,11 | 15,12 |
| Min  | 13,05 | 5,93  | 2,5   | 1,02  | 1   | 1,75  | 3,28  | 5,4   | 9,02  | 14,11 | 17,03 | 15,06 | 7,43  |

Les variations des températures mensuelles au cours de l'année sont illustrées par la Figure les mois les plus chauds, sont juin, juillet et aout, avec un pic au mois de juillet, soit 23°

Les mois de décembre à février sont les mois les plus froids de l'année avec des températures minimales de l'ordre de 1°C. Quant aux températures moyennes mensuelles, elles varient de 6°C pour le mois de janvier à 26°C pour le mois de juillet.

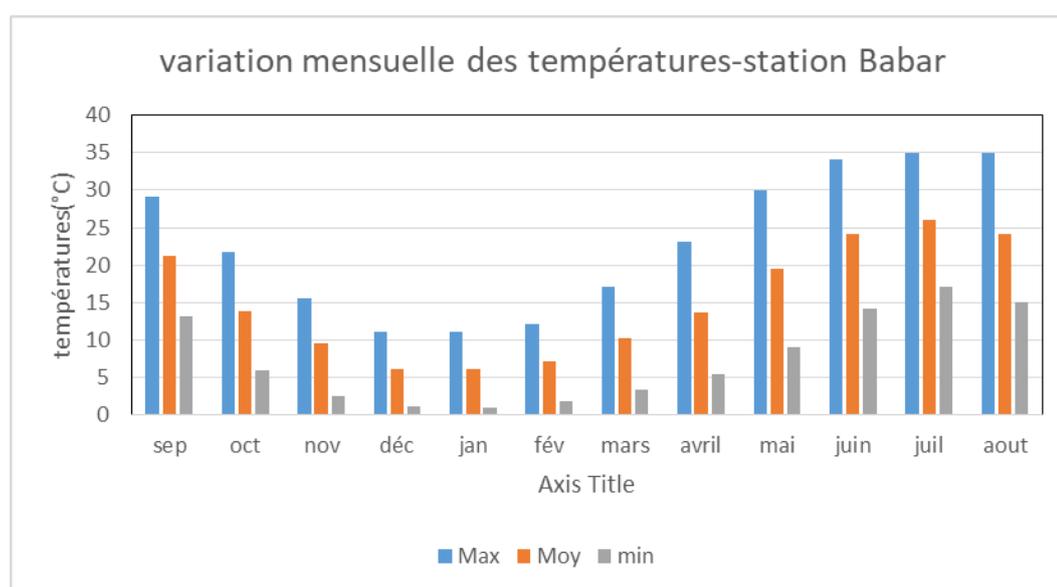


Figure IV-1 : variation mensuelle des températures-station de Babar

### IV.4.2.3 Humidité relative de l'air

Le degré hygrométrique de la zone d'étude est étudié par les données à la station de Batna. Le taux d'humidité de l'air est un paramètre important dans l'étude d'un barrage. Car il caractérise le pouvoir évaporant de l'air. En effet, moins l'air est saturé en humidité et plus le pouvoir évaporant est élevé.

Les valeurs du taux d'humidité relevées 3 fois par jour à la station de référence, sont mentionnées dans les tableaux IV.2 et figure IV.2

Tableau IV.2 : humidité relative de l'air-station de Batna(2002).

| Mois | Sep | Oct | Nov | Déc | jan | fév | Mars | avril | mai | juin | Juil | aout | Année |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|-----|------|------|------|-------|
| 7h   | 57  | 72  | 79  | 86  | 85  | 80  | 72   | 59    | 54  | 50   | 45   | 49   | 66    |
| 13h  | 32  | 44  | 52  | 56  | 56  | 53  | 45   | 34    | 34  | 29   | 22   | 23   | 40    |
| 18h  | 45  | 59  | 68  | 71  | 69  | 68  | 56   | 46    | 44  | 41   | 32   | 31   | 53    |
| H(%) | 45  | 58  | 66  | 71  | 70  | 67  | 58   | 46    | 44  | 38   | 34   | 42   | 53    |

Les valeurs enregistrées à Batna, montre des taux d'humidité relativement faibles. Le nombre de mois ou le taux d'humidité est supérieur à 50% est de 6 mois sur 12 (d'octobre à mars), avec une moyenne annuelle de 53% pour Batna.

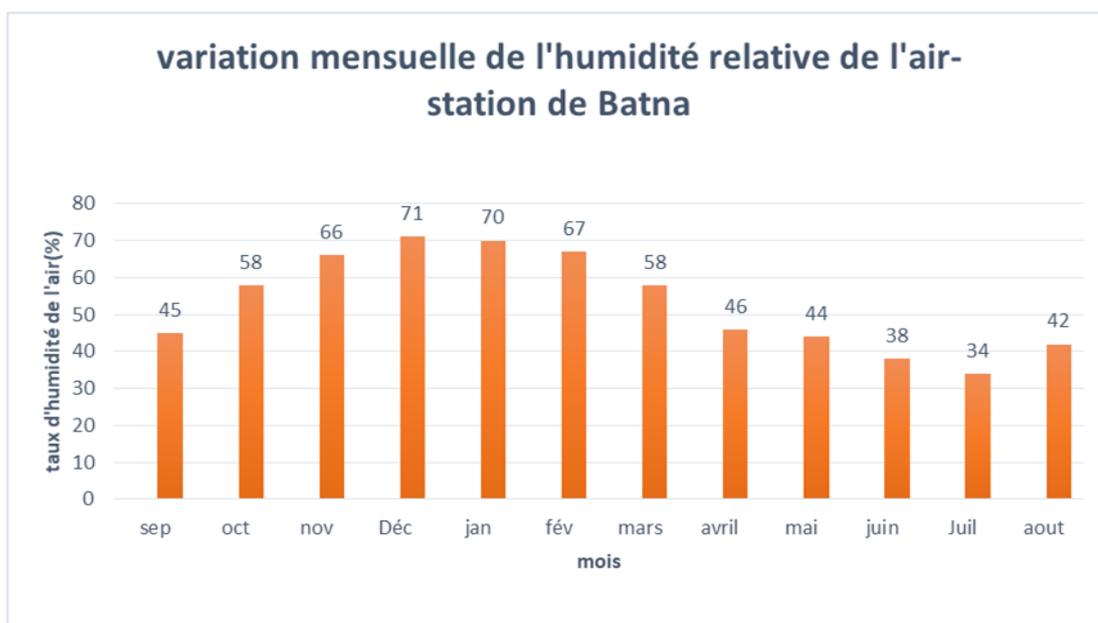


Figure IV.2 : variation mensuelle de l'humidité relative de l'air-station de Batna

### IV.4.2.4 La vitesse du vent

Les valeurs de la vitesse du vent enregistrées au niveau de la station de Khenchela sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau IV.3 : vent moyen en (m/s)\_ station de Khenchela (moyenne sur 2000-2009)

| MOIS | Sep | Oct | nov | déc | Jan | fév | Mars | avril | mai | juin | juil | Aout | année |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|-----|------|------|------|-------|
| m/s  | 3,4 | 3,3 | 3,6 | 3,7 | 3,4 | 4,1 | 4,2  | 4,4   | 4,1 | 3,8  | 3,7  | 3,6  | 3,8   |

#### IV.4.2.5 Evaporation

L'évaporation est un paramètre Important dans l'étude hydrologique. Car il intervient dans le calcul des pertes au niveau du plan d'eau de la retenue du barrage.

L'évaporation peut être estimée selon différentes façons.

- A partir de la carte d'évaporation établie par l'ANRH, 2002.
- A partir des observations sur la station de Foug El Gueiss sur bac Colorado.
- A partir des données du barrage de Babar.

Estimation de l'évaporation à partir de la carte ANRH, 2002

L'extrait de la carte de l'évaporation établie par l'ANRH et actualiser en 2002, montre la variation de ce paramètre en fonction de l'altitude. Pour le bassin de Mellagou, l'ETP moyenne au niveau du plan d'eau de la retenue du barrage conformément à la carte éditée par l'ANRH, est de 1600 mm/an environ.

#### IV.4.3 A partir des données du barrage de Babar

L'évaporation à partir du plan d'eau a été mesurée du barrage du Babar.

Les données de l'évaporation mensuelle relevées au barrage de Babar (2001-2008) sont regroupées dans le tableau. Ces données ont été mises à disposition par l'ANRH (Juin 2014).

Tableau IV.4: Evaporation sur plan d'eau (mm) \_répartition mensuelle à Babar (2001-2008)

| MOIS          | Sep  | Oct  | nov | déc  | Jan  | fév  | mars | avril | Mai   | juin  | Juil  | aout  | Année |
|---------------|------|------|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ev-plan d'eau | 85,9 | 71,4 | 49  | 28,8 | 25,9 | 33,2 | 52,8 | 67,2  | 108,7 | 134,3 | 170,6 | 144,8 | 972,7 |

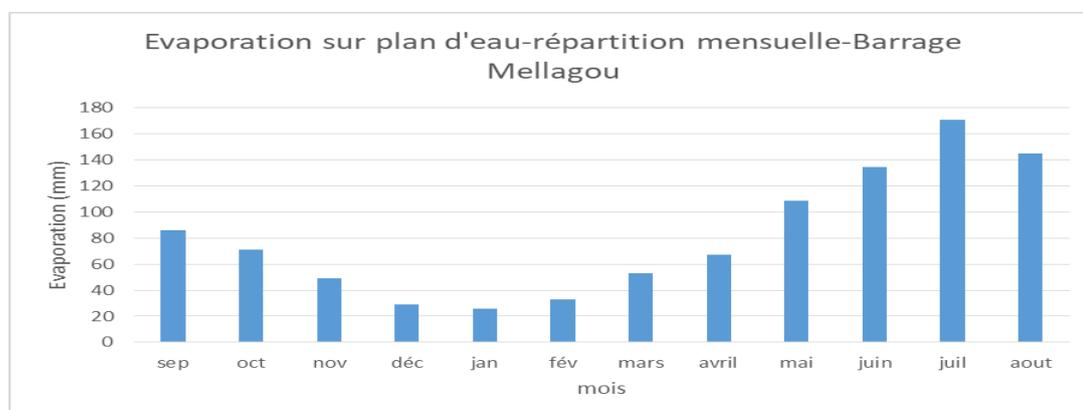


Figure IV.3 : évaporation sur plan d'eau-répartition mensuelle-barrage Mellagou.

## IV.5. PLUVIOMETRIE

### IV.5.1 Régime pluviométrique

Les précipitations en Algérie, sont soumises à une très forte irrégularité intra annuelle et interannuelle. Aussi, nous pouvons distinguer deux régimes de pluies sur le Nord Est algérien :

- Un régime méditerranéen depuis le littoral algérien jusqu'aux chaînes telliennes. Ce sont des précipitations de type orographique qui tombent principalement en hiver entre décembre et mars, apportant plus de la moitié des précipitations annuelles totales.
- Un régime subtropical caractérisé par des précipitations de type cyclonique, localisé essentiellement dans le Sud algérien.

La zone d'étude est ainsi située entre les zones semi-aride et subaride. De ce fait, elle se caractérise par un **régime bimodal**, avec un premier maximum en automne et hiver et un second au printemps. Il est à noter que ces deux maximums s'observent avec une très grande irrégularité (voir annexe).

Ce régime est différent du **régime méditerranéen**, caractérisé par un **régime monomodal**, pour lequel les mois les plus humides sont placés en hiver.

### IV.5.2 Données disponibles

Certaines stations pluviométriques utilisées dans le cadre de cette étude ont été actualisées jusqu'en 2010, selon la disponibilité des données. C'est le cas de la station de Bou Hmama et Chelia situées en amont du bassin et la station de Babar située à l'aval du bassin versant.

La station de Chelia, qui présente des lacunes a été complétée en utilisant les données disponibles dans la zone de d'étude.

Par ailleurs, les stations limitrophes au bassin versant ont été considérées dans le calcul de la pluie moyenne sur le bassin par la méthode de Thiessen Et des Isohyètes.

Ces mêmes stations ont servi également à estimer les pluies mensuelles moyennes sur le bassin versant sur une durée de 40 années.

Les caractéristiques des stations pluviométriques disponibles sont répertoriées dans le tableau.

Tableau IV-5: stations pluviométriques dans la zone d'étude.

| Station    | Code     | Coordonnées UTM |         | Cotes Z<br>(m,NGA) | Période<br>d'observation | Pluies<br>moyenne<br>annuelle |
|------------|----------|-----------------|---------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
|            |          | Fuseau 31N      |         |                    |                          |                               |
|            |          | X               | Y       |                    |                          |                               |
| Bouhmama   | 06-18-03 | 839501          | 3912743 | 1140               | 1968-2009                | 386,08                        |
| Babar      | 06-18-04 | 873930          | 3900363 | 1100               | 1967-2009                | 326,35                        |
| Halla      | 06-18-02 | 851610          | 388525  | 750                | 1969-2010                | 231,25                        |
| Yabous     | 07-06-04 | 830826          | 3928286 | 1200               | 1968-2009                | 388,87                        |
| Ain Mimoun | 07-07-04 | 859200          | 3928285 | 1180               | 1968-2009                | 449,71                        |
| Chelia     | 07-06-06 | 831603          | 3919810 | 1260               | 1969-2011                | 448,276                       |
| Ktef Souda | 06-18-11 | 856444          | 3894834 | 845                | 1990-2009                | 212,56                        |

**Les données manquantes**, notamment pour la station de Chelia ont été complétées en utilisant la méthode dite de « Ratio Method » qui consiste à prendre en compte les données de trois ou plusieurs stations de données des mois manquants dans la station d'étude.

$$PX = \sum Ax / (n * Ai) * Pi \dots\dots\dots (IV.1)$$

PX : donnée mensuelle manquante à la station x

Ax : pluie interannuelle à la station x

Pi : pluie mensuelle à la station x

Ai : pluie interannuelle à la station i

n : nombre de stations utilisées

Les données manquantes d'autres stations ont été simplement complétées en considérant la moyenne des mois de l'année.

### IV.5.3 Détermination de la pluie annuelle moyenne sur le bassin

Trois méthodes seront mises en œuvre pour estimer la pluie moyenne de bassin de Mellagou :

- Moyenne arithmétique.
- Méthode des isohyètes.
- Méthode des polygones de Thiessen.

#### IV.5.3.1 Moyenne arithmétique

La méthode consiste à calculer la moyenne arithmétique des précipitations moyennes enregistrées aux postes pluviométrique situés sur le bassin versant et aux alentours immédiats.

$$Pa = \sum \frac{pi}{N} \dots \dots \dots (IV.2)$$

Pi : pluie enregistrée au poste i, mm

N : nombre de postes pluviométriques

Pa : précipitation moyenne annuelle, mm

$$Pa = 349,62 \text{ mm}$$

#### IV.5.3.2 Méthode des polygones de thiessen

La méthode consiste à construire les polygones de thiessen, en considérant l'influence de chaque poste pluviométrique sur une partie du bassin versant. La pluie annuelle moyenne sur le bassin est ainsi la moyenne des pluies mesurées pondérées à la surface partielle du bassin Si, influencée par la pluie Pi au poste i.

$$Pa = \sum \frac{(pi \cdot si)}{st} \dots \dots \dots (IV.3)$$

Pa : précipitation annuelle moyenne sur le bassin versant

Pi : pluie enregistrée au poste i (actualisées en 2010)

Si : surface partielle influencée par la pluie Pi

St : surface totale du bassin versant

$$Pa = 349,958 \text{ mm}$$

Tableau IV-6: détermination de Pa moy-méthode thiessene

| Station       | Pluie Pi (mm) | Surface Si (km <sup>2</sup> ) | Si*pi     | Précipitation annuelle moy Pa (mm) |
|---------------|---------------|-------------------------------|-----------|------------------------------------|
| Ktef Es Souda | 201,93        | 107,859                       | 21779,97  | 38,840                             |
| Ain Mimon     | 439           | 44,261                        | 19430,58  | 34,650                             |
| Halla         | 225,61        | 2,605                         | 587,71    | 1,048                              |
| Bouhmama      | 376,89        | 366,867                       | 138268,50 | 246,571                            |
| Yabous        | 383,26        | 42,210                        | 16177,40  | 28,849                             |
|               | Somme         | 560,765                       | 196244,17 | 349,958                            |

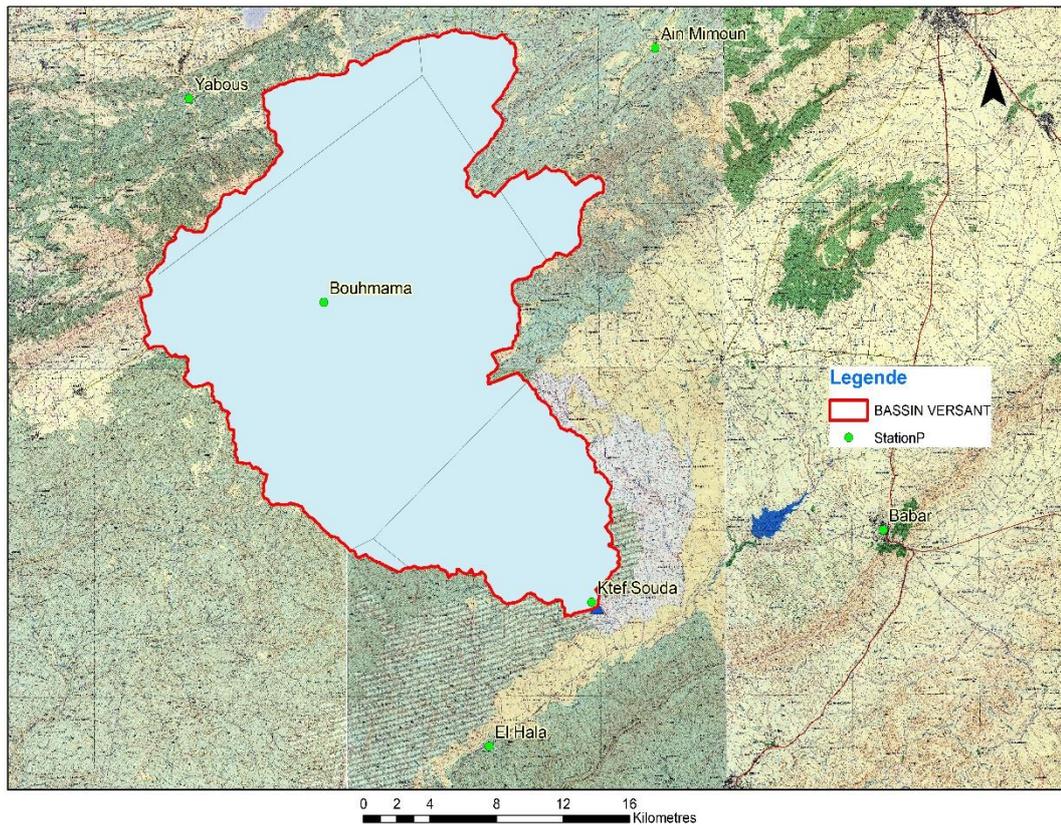


Figure IV-4 : Pluie annuelle moyenne BV Mellagou-polygones de Thiessen (à l'aide ARC GIS)

### IV.5.3.3 Méthode des isohyètes

L'application de la méthode des isohyètes a été faite sur la base de la carte pluviométrique établie par l'ANRH, 1993.

Par ailleurs, compte tenu de la disponibilité des données pluviométriques dans la zone immédiate de l'aménagement, la carte pluviométrique du bassin versant de l'oued Mellagou a été également établie.

La méthode est presque similaire à celle des polygones de Thiessen, sauf que les surfaces partielles considérées sont celles comprises entre deux isohyètes  $i$  et  $i+1$  (lignes de même pluviométrie).

$$Pa = \sum \frac{(\Delta Hi * si)}{st} \dots\dots\dots(IV.4)$$

Ou :

Si : surface partielle comprise entre deux isohyètes, Km<sup>2</sup>

$\Delta Hi$  : moyenne arithmétique entre deux isohyètes :  $H_i$  et  $H_{i+1}$ , mm

Pa : précipitation annuelle moyenne, mm

St : surface totale du bassin versant, Km<sup>2</sup>

Tableau IV-7: détermination de Pa moy-méthode isohyètes

| Min   | Max | Si (km <sup>2</sup> ) | $\Delta H$ | Si* $\Delta H$ | Pa(mm)  |
|-------|-----|-----------------------|------------|----------------|---------|
| 201   | 223 | 20,72229              | 212,1175   | 4395,56        | 7,84    |
| 223   | 246 | 24,54058              | 234,5221   | 5755,308       | 10,26   |
| 246   | 270 | 29,64025              | 258,4084   | 7659,29        | 13,66   |
| 270   | 295 | 34,06688              | 282,5738   | 9626,407       | 17,17   |
| 295   | 320 | 36,04721              | 307,5817   | 11087,46       | 19,77   |
| 320   | 344 | 48,05863              | 333,2355   | 16014,84       | 28,56   |
| 344   | 363 | 83,98934              | 355,4673   | 29855,47       | 53,24   |
| 363   | 378 | 249,8971              | 371,3308   | 92794,5        | 165,47  |
| 378   | 402 | 33,76918              | 385,1882   | 13007,49       | 23,19   |
| 402   | 403 | 0,064717              | 402,2927   | 26,03506       | 0,05    |
| Somme |     | 560,7962              | 3142,718   | 190561,5606    | 339,805 |

**Pa=339,805 mm.**

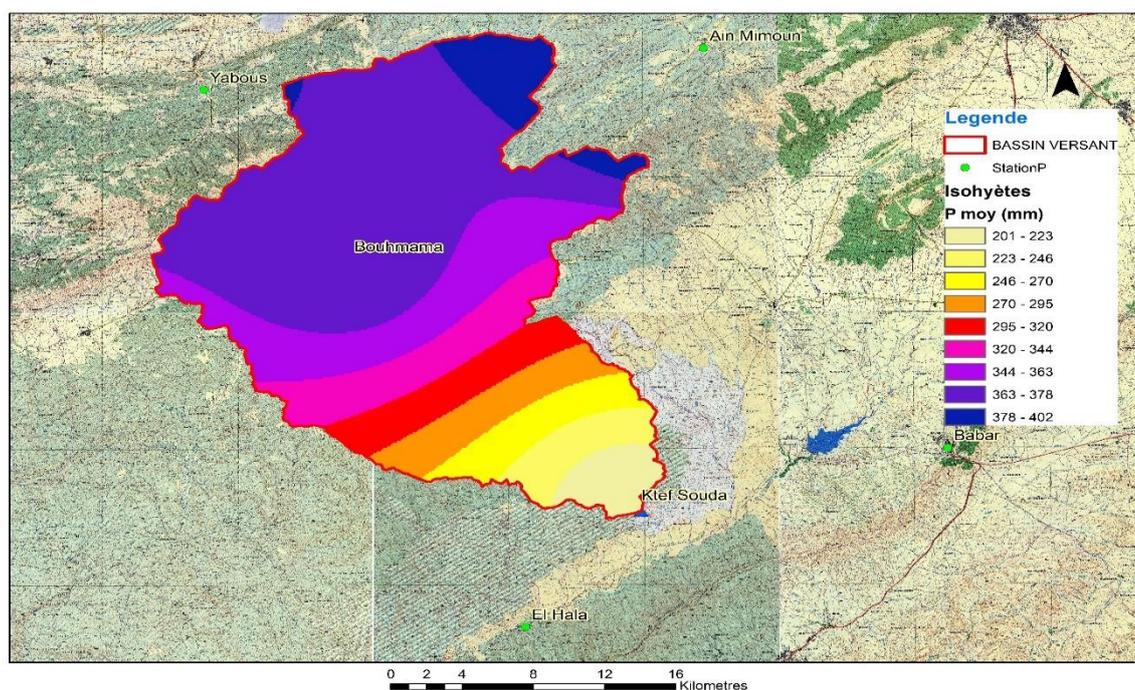


Figure IV-5: méthode des isohyètes pluies annuelle moyenne BV Mellagou-méthode des isohyètes (à l'aide ARC GIS)

**Conclusion** sur la pluie moyenne annuelle sur le bassin versant :

- La méthode arithmétique : Pa=349,62 mm

- La méthode de Thiessen (selon les données actualisées en 2010) :

$P_a = 349,985 \text{ mm}$

- La méthode isohyète (ARC GIS) :

$P = 339,805 \text{ mm}$

Les valeurs obtenues par les différentes méthodes sont assez proches, ce qui permet de conclure que la pluie moyenne annuelle sur le bassin versant se situerait autour de **346,47 mm**

## IV.6 Pluie annuelles et mensuelles

### IV.6.1 Séries historiques

La Figure représente l'évolution chronologique des précipitations annuelles sur l'ensemble des postes pluviométriques disponibles pour cette étude.

Le spectre des valeurs des pluies annuelles est assez étendu, ce qui traduit à la fois une grande variabilité interannuelle et une forte hétérogénéité spatiale du paramètre dans la zone d'étude.

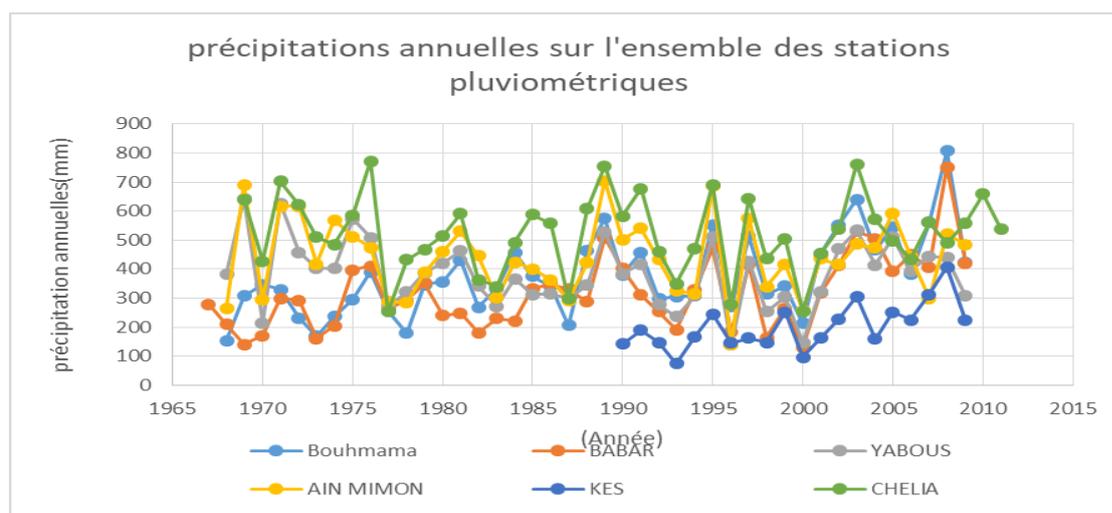


Figure IV-6 : précipitation annuelles sur l'ensemble des stations pluviométriques

La Figure met en évidence 3 périodes. La première période, qui va de 1969 à la fin des années 80, est assez humide. La seconde période qui correspond aux années 90 est une période de pluviosité moyenne. Enfin la troisième et dernière période, de 2000 à 2010, est considérée comme une année à pluviosité élevée.

L'objectif de ce paragraphe est d'analyser des données des stations pluviométriques disponibles, en vue de compléter les données des postes pluviométriques choisis pour caractériser la pluviométrie mensuelle et annuelle sur le bassin versant et sur le site de la retenue du barrage. Les postes caractéristiques sont ceux de Bouhamama et Babar, pour compléter la série de la station de Chelia.

Les tableaux montrent respectivement, les pluies mensuelles et annuelles observées, à Bouhmama et Babar. (Annexe 5 et 2)

La Figure IV-6 représente l'évolution chronologique des pluies annuelles aux postes de Bouhmama et de Babar sur la période de 1968 à 2010. Le graphique met en évidence une assez bonne corrélation entre ces deux chroniques.

Après traitement des données et application du test de double mass, il s'est avéré que la station de Bouhmama présentait quelques données erronées sur la période 1968-1975. Celle-ci a été corrigée par rapport aux stations réputées stables. La station de Babar a été prise comme station de référence pour corriger les anomalies relevées à la station de Bouhamama. Les graphiques de double masse sont présentés ci-après :

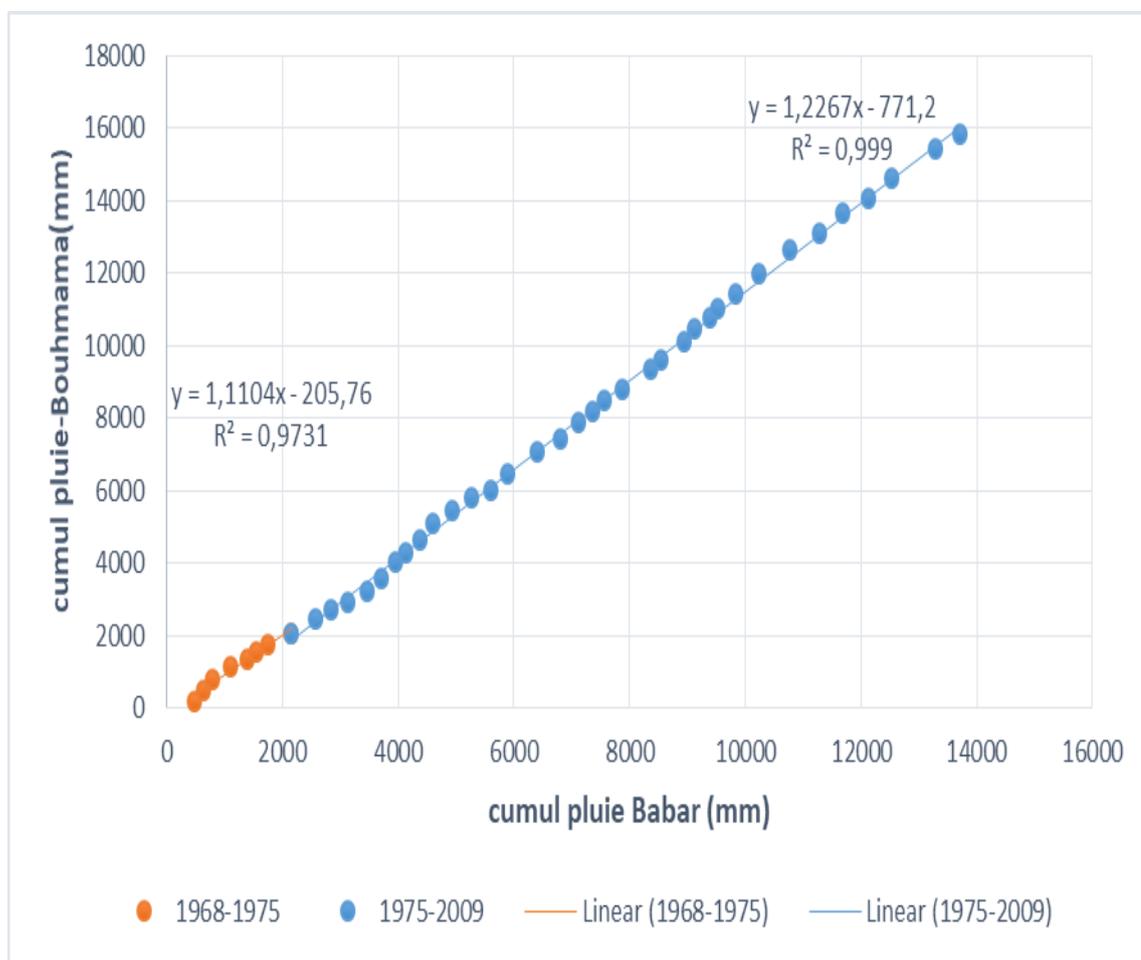


Figure IV-7: Homogénéité des données pluviométrique et correction proposée à station de Bouhmama et Babar.

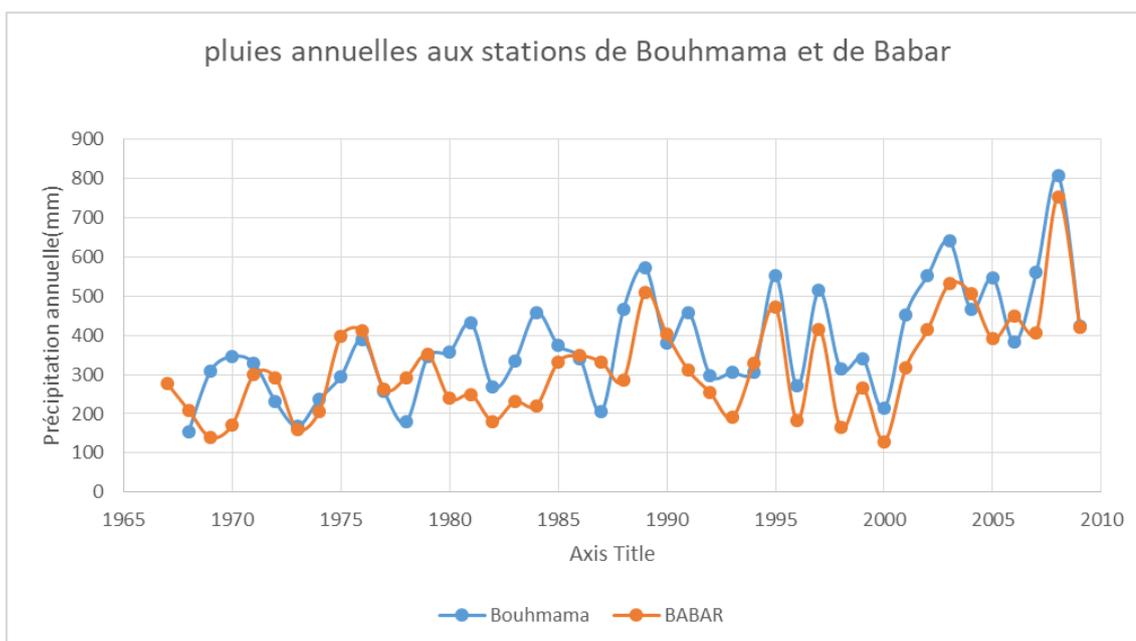
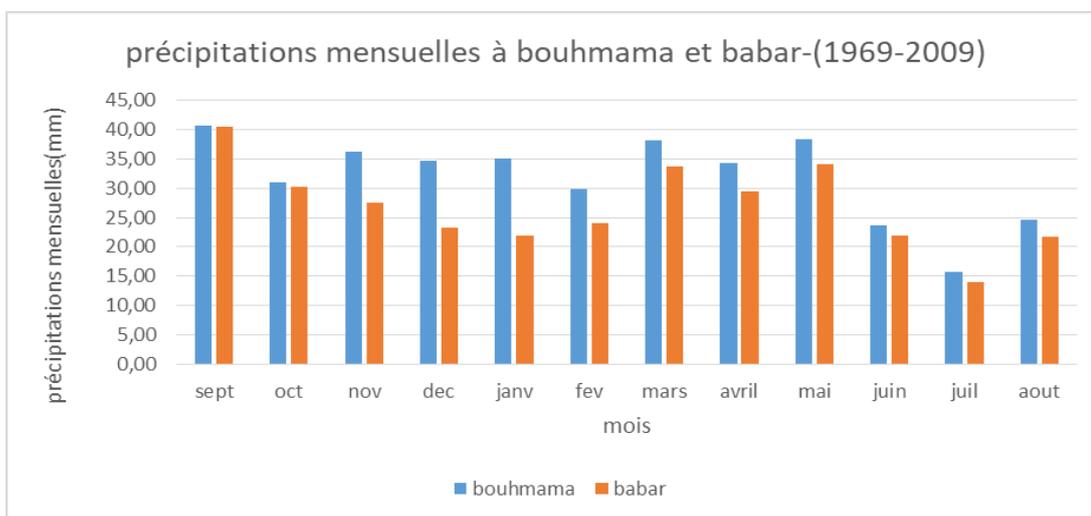


Figure IV-8 : pluies annuelles à la station de Bouhmama et Babar

La répartition mensuelle des précipitations est caractérisée par de fortes pluies en automne-hiver et au printemps. Les mois de juillet et aout sont les mois les plus secs. Les pluies mensuelles moyennes et les maximums observés à Babar sont sensiblement inférieurs à ceux observés à Bouhmama, sont l’effet d’un gradient altitudinal.



FigureIV-9 : précipitations mensuelles à bouhmama et babar-(1969-2009)

#### IV.6.2 Pluies mensuelle sur le bassin versant

La série des précipitations mensuelles à l’échelle du bassin versant a été déterminée par la méthode de Thiessen en prenant en compte les pluies mensuelles observées au niveau des 4 postes pluviométriques situés à l’intérieur et aux alentours du bassin d’étude.

Les stations prises en compte dans la méthode de Thiessen pour la reconstitution des pluies mensuelles sur le bassin versant de Mellagou sont au nombre de 4, selon leur rayon

d'influence sur une partie du bassin versant. Il s'agit en l'occurrence de Bouhmama, Chelia, Yabous et Ktef Es Souda. La station de Halla a été également utilisée pour compléter les années manquantes de Ktef Es Souda.

Les séries reconstituées à l'échelle du bassin versant sont portées (Annexe 8) respectivement de site de bassin versant

La figure IV-10 illustre la pluie annuelle de bassin versant et celle enregistrée à la station de Bouhmama.

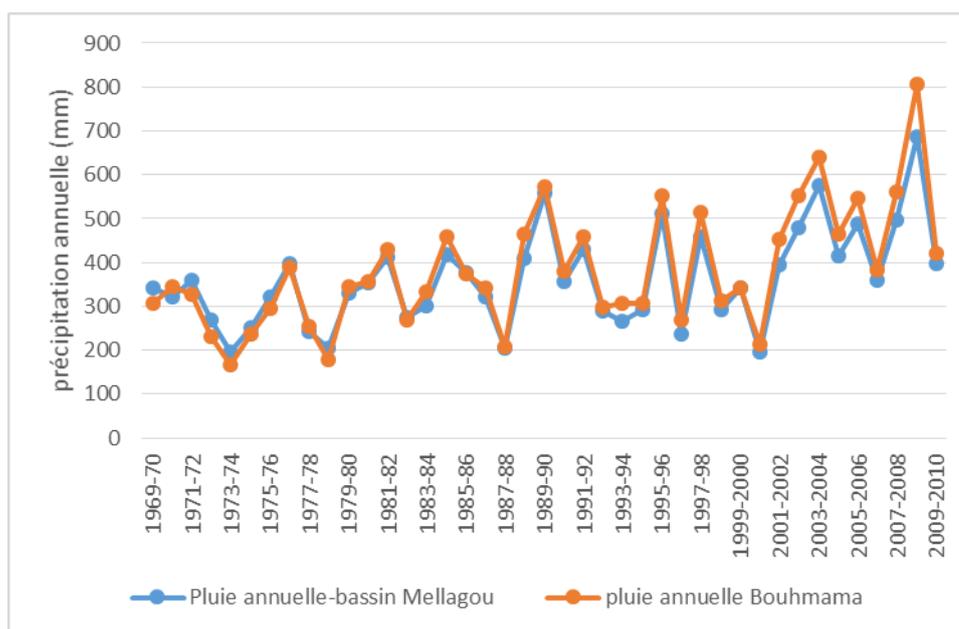


Figure IV-9: précipitation annuelles-bassin versant de Mellagou et station de Bouhmama

## IV.7 Pluies maximales journalières

### IV.7.1 Présentation

L'étude des pluies maximales journalières a un intérêt particulier dans la détermination des débits de projet et dans le processus d'érosion des sols. Dans la perspective de la connaissance de ces pluies, les données des stations pluviométriques situées dans le bassin d'étude et dans les bassins limitrophes ont été prises en compte et analysées. Il s'agit particulièrement de :

- **La station de Bouhmama** (06-18-03) située presque au milieu du bassin versant, et est la plus représentative dans l'étude des Pjmax, avec une période d'observation qui est supérieur à 35 ans.
- **La station de Babar** (06-18-04) située à l'aval du bassin versant. Elle servira à compléter les données manquantes.

- **La station de Chelia** (07-06-06) sur les hauteurs du bassin versant de Mellagou, intéressante, car elle dispose des données qui caractérisent les pluies qui tombent en altitude.
- **La station de yabous** (07-06-04) située également en altitude permet de compléter les lacunes existantes par ailleurs.
- **La station Halla** (06-18-02) qui caractérise les Pjmax dans la vallée de l'oued Mellagou.
- **La station de Ktef Es Souda** (06-18-11) située à proximité de l'axe du barrage.

## IV.7.2 Analyse statistique par la méthode des années stations

### IV.7.2.1 principes de la méthode

L'ajustement de lois statistiques sur des échantillons réduits est trop incertain pour autoriser les extrapolations nécessaires au dimensionnement des ouvrages hydrauliques.

La méthode des années permet de pallier à ce type de problème et permet par ailleurs, d'augmenter la taille des échantillons pour permettre un calcul précis des pluies et des débits. Cette méthode utilisée pour analyse des débits présente les avantages suivants :

- L'ajustement des distributions statistiques se fait sur des échantillons de grande taille ( $n > 90$ ) ce qui réduit l'erreur d'échantillonnage.
- L'élaboration échantillon régional permet de prendre en considération l'ensemble des événements rares qui se sont produits aux différentes stations mais pas nécessairement sur toutes.

La mise en œuvre de cette méthode se fait selon les étapes suivantes :

- Préparation d'une base de données contenant les maximums annuels et leurs dates d'occurrence à chaque station prise en compte.
- Obtention d'un échantillon régional.
- Analyse fréquentielle de l'échantillon régional.

### IV.7.2.2 constitutions de l'échantillon et vérification d'homogénéité

Pour chacune des stations sélectionnées et pour chaque année d'observation, les maximums journaliers annuels des Pjmax ont été extraits. Cet échantillon régional constitué de 223 valeurs (maximum annuel pour chaque année hydrologique) est regroupé dans le tableau (annexe 9). Il apparaît clairement qu'il existe certaines lacunes, notamment pour les stations situées dans les bassins limitrophes.

Pour la sélection des événements de l'échantillon, et devant la variabilité des dates d'occurrence des événements maximaux annuels (qui traduit le fait qu'une averse intense peut produire à n'importe quel moment dans l'année), on a choisi de ne conserver que le maximum

annuel (en effet, la considération des années hydrologique pour le découpage de l'échantillon amène à considérer parfois deux évènements maximums très proches dans même année calendaire, ou des évènement de faible intensité). L'échantillon est ainsi de taille  $n=169$ . Le tableau IV .8 regroupe les paramètres de l'échantillon régional final sélectionné.

Tableau IV.8: paramètres statistiques calculés sur les valeurs sélectionnées pour analyse régionale

| STATIONS   | BABAR | B.HMAMA | Yabous | Halla | KES   | Chelia |
|------------|-------|---------|--------|-------|-------|--------|
| N          | 30    | 33      | 30     | 27    | 16    | 32     |
| M          | 35,07 | 46,49   | 44,10  | 37,00 | 30,38 | 52,40  |
| Max        | 76,60 | 87,60   | 115,00 | 67,50 | 70,40 | 177,5  |
| Min        | 12,50 | 18,00   | 15,20  | 13,50 | 8,50  | 27     |
| Ecart type | 13,23 | 19,42   | 21,76  | 14,78 | 14,28 | 26,38  |
| Cv         | 0,38  | 0,42    | 0,49   | 0,40  | 0,47  | 0,50   |

#### IV.7.2.3 obtentions d'un échantillon régional composite final

On classe les 169 valeurs de  $u(P_{jmax})$  en fonction de la date d'occurrence. Lorsque plusieurs maximums annuels sont observés lors du même mois à différentes postes, on ne conserve que le maximum dont la valeur  $u(P_{jmax})$  est la plus forte. Ce critère d'exclusion garantit l'indépendance des évènements au sein de l'échantillon.

Une fois critère de concomitance appliqué on obtient un échantillon régional composite final de 107 valeurs.

- Exploitation de l'échantillon régional
  - Transposition et extension à une station d'intérêt, en l'occurrence la station de Bouhmama, en se servant des statistiques de la station considérée. Dans notre cas, la normalisation des échantillons se fait par standardisation (échantillons centrés-réduits).
  - Ajustement d'une distribution statistique, ici, la loi de Gumble et pertinente et permet l'application de la méthode de Gradex pour estimation des crues rares à extrêmes.
  - Présentation des résultats obtenus pour les pluies journalières du bassin de Mellagou.

Le tableau (annexe 10) regroupe les valeurs de l'échantillon composite régional, composé de 107 années-stations. Il renferme, outre le nom des stations utilisées, l'année et le mois d'occurrence des  $P_{jmax}$  ainsi que la valeur de  $u(P_{jmax})$  correspondante.

#### IV.7.2.4 ajustements statistiques

Une fois l'échantillon composite régional constitué, on cherche ensuite le meilleur ajustement pour l'échantillon composite. La loi de Gumbel s'ajuste assez bien à l'échantillon régional composite et permet par la suite l'application de la méthode de Gradex pour l'estimation de crues rares à extrêmes. La figure IV-10 illustre l'ajustement de loi Gumbel

Les pluies journalières maximales de différentes périodes de retour sont consignées dans le tableau IV.9 ci-dessous :

Tableau IV.9: P<sub>jmax</sub> en fonction de période de retour-loi Gumbel

| Période de retour | Fréquence | Ajustement de Gumbel |
|-------------------|-----------|----------------------|
| 10                | 0,1       | 81                   |
| 20                | 0,95      | 92                   |
| 50                | 0,98      | 108                  |
| 100               | 0,99      | 120                  |
| 1000              | 0,999     | 160                  |
| 10000             | 0,9999    | 195                  |

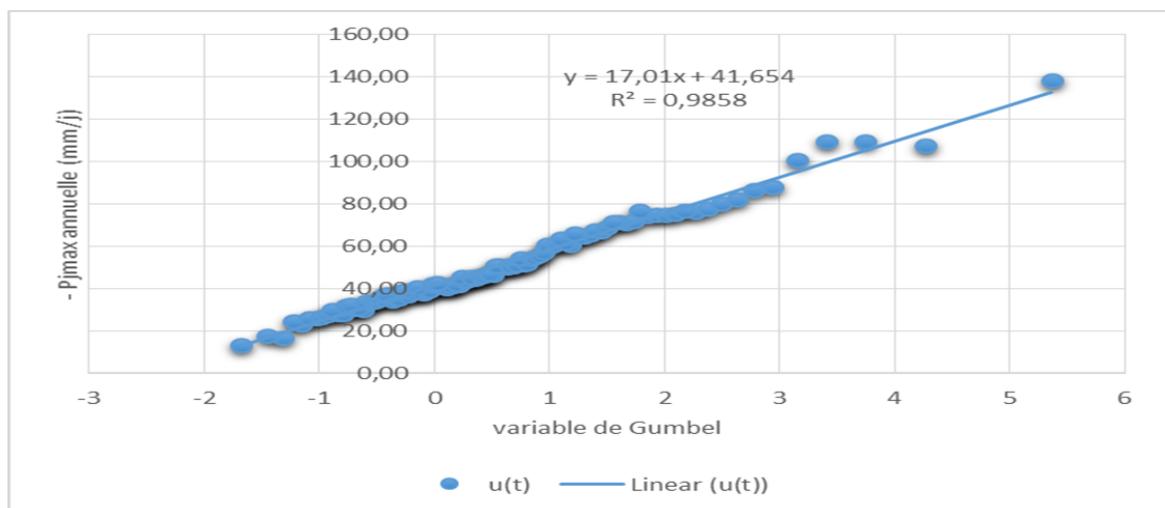


Figure IV-10: P<sub>jmax</sub> annuelles-Echantillon composite transposé à Bouhmama ajustement d'une droite de Gumbel.

#### IV.7.3 Répartition spatiale des pluies maximums journalières-calcul du ARF

On a démontré précédemment que la pluviométrie est assez homogène sur le bassin versant.

Cependant, ce n'est pas le cas si on raisonne en termes d'épisodes pluvieux. Dans ces régions semi-arides et pour des bassins ayant une superficie importante, les crues sont courtes et rapides. Ces caractéristiques indiquent que la plupart des crues ont dues à des orages violents et localisés. Les crues résultent rarement d'un ruissellement généralisé surtout le bassin versant. Les averses intenses génératrice des crues ont locales et ne représentent des crues sont locales et ne représentent donc pas la précipitation affectant la totalité de la surface considérée à l'exutoire ou la crue est mesurée.

Aussi dans ce paragraphe on va s'intéresser à la notion coefficient d'abattement des pluies, ARF (Area Reduction Factor). Ce coefficient permet de passer d'une pluie ponctuelle à une pluie de surface et est propre à une section.

Le tableau IV.10 : Estimation du coefficient d'abattement des postes pluviométriques choisis

| Numéro | Station  | Année | Mois    | Pjmax | Pjmax<br>moy | ARF  |
|--------|----------|-------|---------|-------|--------------|------|
| 1      | Bouhmama | 1973  | Déc     | 87,6  | 56,35        | 0,64 |
| 2      | Bouhmama | 1975  | Févr    | 56    | 30,7         | 0,55 |
| 3      | Babar    | 1980  | Mars    | 76,6  | 55,5         | 0,72 |
| 4      | Babar    | 1982  | Mai     | 55,5  | 40,98        | 0,74 |
| 5      | Babar    | 1982  | Mai     | 76,6  | 50,5         | 0,66 |
| 6      | Chelia   | 1986  | mars    | 78    | 55,68        | 0,71 |
| 7      | Yabous   | 1986  | aout    | 54,8  | 35,8         | 0,65 |
| 8      | Chelia   | 1991  | mars    | 42,5  | 31,6         | 0,74 |
| 9      | Halla    | 1992  | mars    | 56    | 41,95        | 0,75 |
| 10     | Babar    | 1995  | juillet | 60,2  | 39,33        | 0,65 |
| 11     | Babar    | 1995  | sept    | 63,3  | 47,43        | 0,75 |
| 12     | Chelia   | 1997  | aout    | 41    | 35,63        | 0,87 |
| 13     | KTS      | 1999  | juillet | 22,2  | 18,63        | 0,84 |
| 14     | Chelia   | 1999  | nov     | 52,5  | 36,13        | 0,69 |
| 15     | Halla    | 2002  | oct     | 48,2  | 35,37        | 1,00 |
| 16     | Chelia   | 2003  | févr    | 80,7  | 48,1         | 0,66 |
| 17     | KTS      | 2007  | sept    | 70,4  | 53,5         | 0,44 |
| 18     | Bouhmama | 2010  | janv    | 40,5  | 30,63        | 0,66 |

La figure IV-11 illustre la mise en évidence du coefficient d'abattement à partir de la relation  $P_{jmoy}$  en fonction de  $P_{jmax}$ .

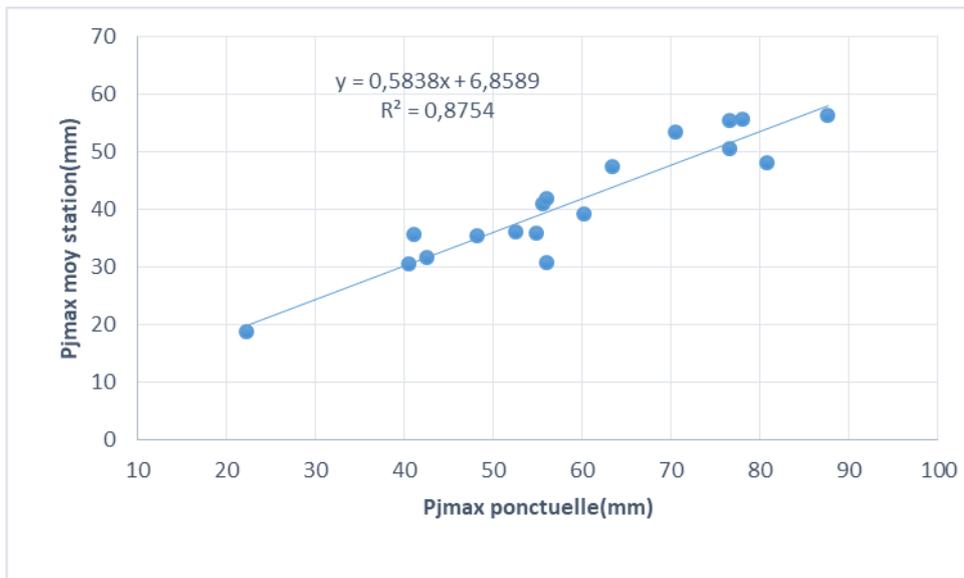


Figure IV-11 : Pjmax en fonction de P jmax annuelle-mise en évidence du ARF régional

Le coefficient d'abattement spatial régional issu de la relation P jmax-moy en fonction de Pjmax est finalement égal à :  $ARF=0,5838$

Le tableau IV.11 donne la pluie journalière sur le bassin versant en fonction de la période de retour

Tableau IV.11 : pluie journalière en fonction de la période de retour

| Période de retour (an) | Fréquence (%) | Variable Gumbel | Pjmax (ponctuel) | Pjmax (ARF=0,58) |
|------------------------|---------------|-----------------|------------------|------------------|
| 10000                  | 0,9999        | 9,21            | 192              | 132              |
| 1000                   | 0,999         | 6,91            | 155              | 107              |
| 100                    | 0,99          | 4,6             | 117              | 81               |
| 50                     | 0,98          | 3,9             | 106              | 73               |
| 20                     | 0,95          | 2,97            | 91               | 63               |
| 10                     | 0,9           | 2,25            | 79               | 55               |

#### IV.7.4 Pluie maximale probable

La pluie maximale probable(PMP) peut être estimée à partir de la formule de Hershfield ou en appliquant la méthode de lombardi.

La formule de Hershfield s'écrit comme suit :

$PMP=M(Pjmax) + Khershfield.S(Pjmax)$ , avec Khershfield facteur de fréquence de Hershfield.

$M(P_{jmax})$  : moyenne des maximums annuels à la station de référence (selon l'échantillon composite), mm

$S$  : écart-type de l'échantillon des maximums annuels

$K=17,4$

La valeur obtenue à l'aide de la formule de Hershfield et après abattement est de **297,26** mm.

#### IV.7.5 Pluie de courte durée

Les pluies de courte durée sont nécessaires dans la détermination des débits maximums par les formules empiriques et dans l'application de la SCS (soil conservation service).

Le calcul des pluies de durée inférieure à 24 heures se fait à partir des pluies journalières maximales de même période de retour par application de la loi Montana.

L'ANRH a établi pour le bassin versant de l'Oued El Arab (oued principal), dans le cadre de la faisabilité du barrage de khangat sidi nadj (1987) une relation type entre une relation type entre la pluie maximale journalière et la pluie de courte durée de même fréquence. Elle a pour expression :

$$P_t = 1,12 * P_{jmax} * \left(\frac{t}{24}\right)^{0,32}$$

Ou :

$P_t$  : pluie d'une durée  $t$  en (mm)

$P_{jmax}$  : pluie maximale journalière d'une fréquence donnée en (mm)

$t$  : durée de la pluie en heures

$b$  : exposant climatique

Tableau IV.12 : pluies maximales des courtes durées.

| T     | Période de retour |    |    |     |      |       |
|-------|-------------------|----|----|-----|------|-------|
|       | 10                | 20 | 50 | 100 | 1000 | 10000 |
| Heure | Mm                | Mm | Mm | mm  | mm   | Mm    |
| 1     | 21                | 24 | 28 | 31  | 42   | 53    |
| 2     | 26                | 30 | 35 | 39  | 53   | 66    |
| 3     | 29                | 34 | 40 | 44  | 60   | 75    |
| 4     | 32                | 37 | 44 | 49  | 66   | 82    |
| 5     | 35                | 40 | 47 | 52  | 71   | 88    |
| 6     | 37                | 42 | 50 | 55  | 75   | 93    |
| 8     | 40                | 46 | 55 | 61  | 82   | 102   |

|    |    |    |    |    |     |     |
|----|----|----|----|----|-----|-----|
| 9  | 42 | 48 | 57 | 63 | 85  | 106 |
| 10 | 44 | 50 | 60 | 66 | 89  | 111 |
| 12 | 46 | 53 | 63 | 69 | 93  | 117 |
| 14 | 48 | 56 | 66 | 73 | 98  | 123 |
| 16 | 50 | 58 | 69 | 76 | 102 | 128 |
| 18 | 52 | 60 | 72 | 79 | 106 | 133 |
| 24 | 57 | 66 | 78 | 86 | 116 | 146 |

#### IV.8 CONCLUSION

Cette étude hydrologique a été réalisée sur une base de séries historiques de débits journaliers et cumuls pluviométriques mensuels importants. Ces données nombreuses, ainsi que l'utilisation d'approches régionales, Tant pour la détermination des apports mensuels au barrage que pour l'étude des pluies maximales et des crues, permettent d'arriver à des résultats réalistes.

# Chapitre V

## étude hydrologique

## V Introduction

Dans ce chapitre en voit comment estimait les apports liquides, solides et aussi la méthodologie de l'étude de crues.

### Les apports liquides

#### V.2 Méthodologie

L'objectif de cette étude est de générer une série d'apports liquides, nécessaire pour l'étude de la régularisation et du calcul du volume de la retenue.

La méthodologie d'étude des apports liquides est la suivante :

- Etude des apports liquides à partir des données observées (station de Mellagou).
- Corrélation entre les apports liquides observés et les précipitations moyennes annuelles sur le bassin versant.
- Reconstitution des apports liquides mensuels à partir des pluies mensuelles sur le bassin versant.
- Comparaison avec les valeurs de station environnantes.
- Statistiques des apports liquides.

##### V.2.2 Analyse des données

La station de Mellagou est située sur l'oued qui porte le même nom. Cette station contrôle un bassin versant de 560,765 km<sup>2</sup>. La durée d'observation comprend dix années d'observation qui s'étale entre 1989 et 1999.

La station de Khanget Sidi Nadjji est située à l'aval de la zone d'aménagement sur l'oued el Arab. Cette station contrôle un bassin versant de 2085 km<sup>2</sup>. La durée d'observation est de 15 années de 1972 à 1987. Elle comporte cependant plusieurs lacunes. Les données observées à la station de Mellagou sont présentées dans le tableau (Annexe 12).

Le graphe de figure V-1 montre l'évolution des apports liquides observés à la station hydrométrique de Mellagou. On observe une nette diminution des apports à partir de 1989 jusqu'à 1993, caractéristique d'une période de sécheresse, suivie d'une période de 3 années avec des apports relativement moyens.

La moyenne annuelle de l'apport liquide sur cette courte période est de **8,11 hm<sup>3</sup>**

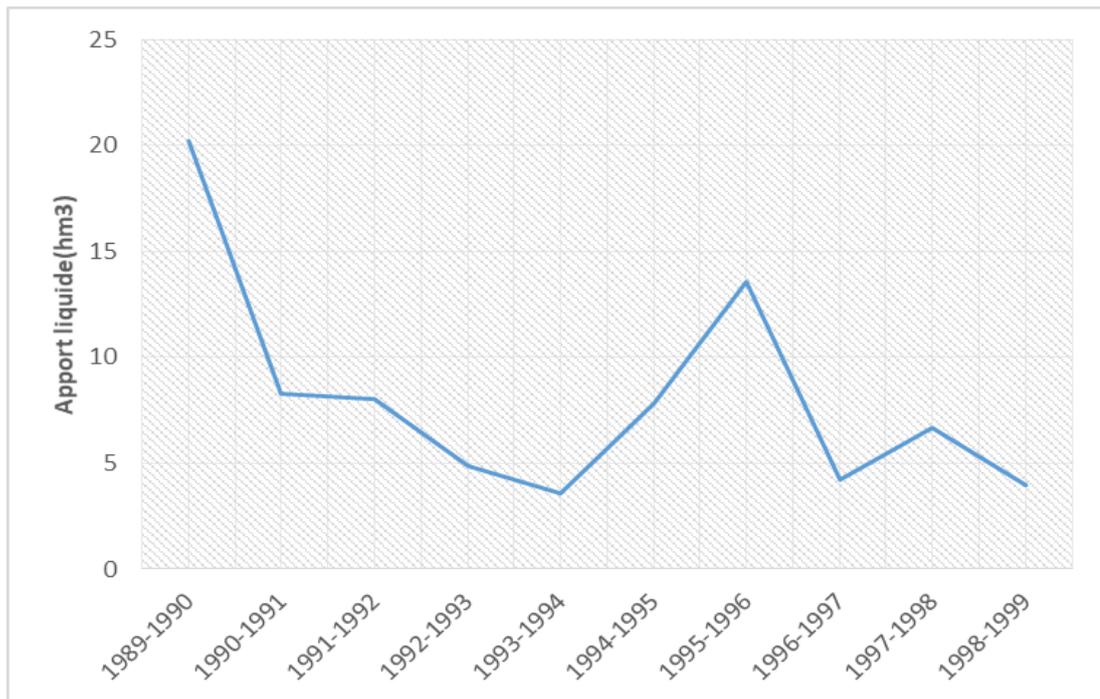


Figure V-1: apports liquides historiques à la station de Mellagou

### V.2.3 Corrélation entre apports liquides et précipitations

Afin de reconstituer les apports liquides sur une longue période, une corrélation entre les apports liquides observés à la station hydrométrique Mellagou (06-18-11) et les précipitations annuelles sur le bassin versant pour les années concomitantes a été calculée.

La représentation graphique des apports liquides vs les précipitations au pas de temps annuel montre une bonne corrélation entre deux variables avec un coefficient **R=0,81**.

Cela nous permettra de reconstituer les apports liquides en fonction des précipitations sur la même période.

La corrélation entre les précipitations naturelles observées à Bouhmama et les apports liquides pour la même période a également été établie. On obtient un coefficient de corrélation  $<0,90$  (figure V-2)

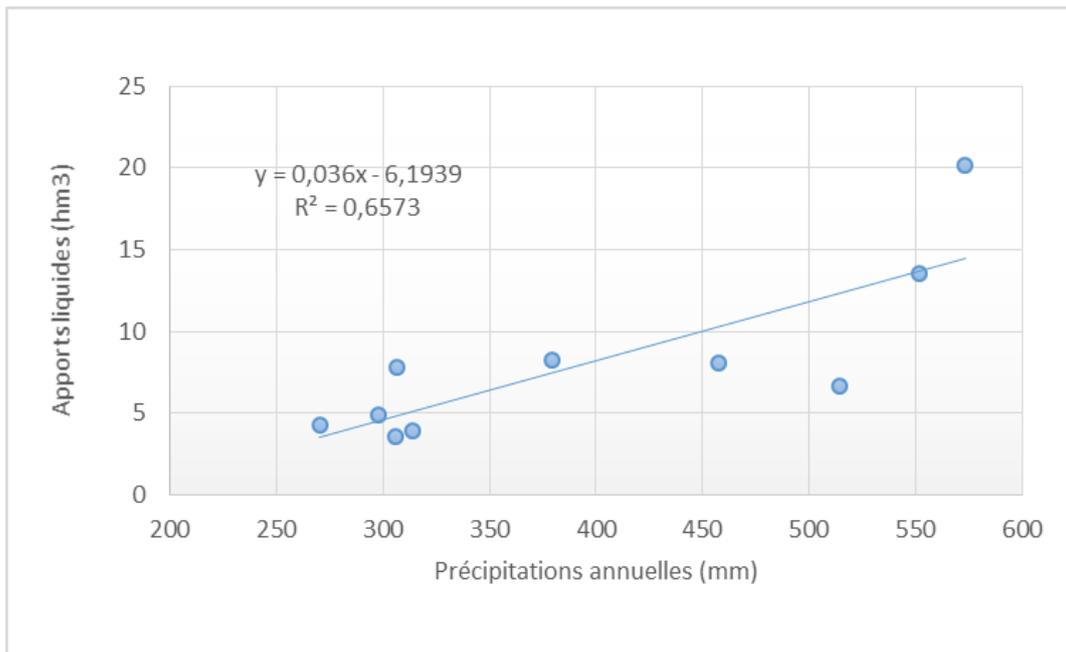


Figure V-2 : corrélation apports liquides-pluies annuelles (BV)

De plus, la variation chronologique des apports liquides à Mellagou et la pluie annuelle observée à Bouhmama témoigne de la bonne concordance entre la pluie et le ruissellement (figure V-3).

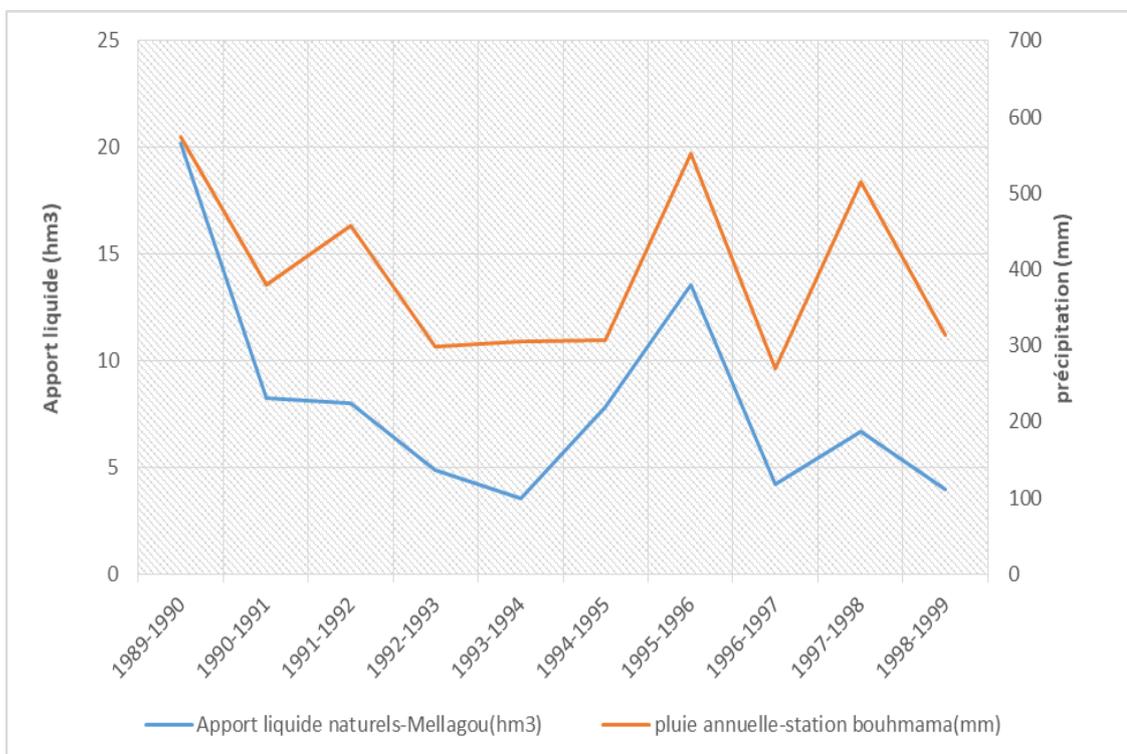


Figure V-3 : apports liquides et pluies de Bouhmama sur la période 1989-1999

La série d'apports liquides mensuels reconstitués à partir de la série des précipitations mensuelles sur le bassin versant représentée le tableau (annexe 13)

### V.2.4 Comparaison avec les données de stations avoisinantes

Les résultats obtenus précédemment montrent que les moyennes annuelles des apports liquides naturels et reconstitués sont pratiquement identiques. Cela justifie l'extension des apports liquides à partir des précipitations moyennes annuelles sur le bassin versant.

Par ailleurs, la comparaison a été faite avec la station de khangat sidi nadjj. Située à l'aval du site de Mellagou. L'estimation de l'apport liquide moyen annuel à Mellagou a été réalisée à partir des données observées à khengat sidi nadjj<sup>13</sup>.

#### Données de base

Surface du bassin versant contrôlée par la station khangat sidi nadjj  $S_{KH}=2085\text{Km}^2$

Surface du bassin versant contrôlée par la station de Mellagou  $S_M=560,765\text{ km}^2$

Apport liquide à khangt sidi nadjj  $A_{KH}= 30,86\text{ hm}^3$

Précipitation moyenne annuelle bassin khangat sidi nadjj  $P_{KH}= 360\text{ mm}$

Précipitation moyenne annuelle site Mellagou  $P_M=346,269\text{ mm}$

Après calcul, on trouve un apport liquide moyen annuel à Mellagou de, valeur comparable à celles obtenus dans le paragraphe précédent.

En termes de lame d'eau ruisselée de coefficient de ruissellement, les résultats sont répertoriés dans le tableau

Tableau V.1: lame d'eau ruisselée et coefficient de ruissellement

| Désignation             | Apport<br>( $\text{hm}^3$ ) | Superficie<br>( $\text{Km}^2$ ) | Le<br>(mm) | Ce<br>(-) |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------|-----------|
| Mellagou<br>(naturel)   | 8,11                        | 560,765                         | 14,46      | 0,042     |
| Mellagou<br>reconstitué | 7,52                        | 560,765                         | 13,41      | 0,04      |
| Mellagou à<br>partir KH | 8,37                        | 560,765                         | 14,92      | 0,041     |
| Station KH              | 30,86                       | 2085                            | 14,80      | 0,041     |

Les lames d'eau ruisselées et les coefficients de ruissellement sont presque identiques, que ce soit pour le site de Mellagou ou pour khangat sidi nadjj. Aussi on peut considérer qu'un **coefficient de ruissellement égal à 0,041** est caractéristique de l'écoulement sur l'oued Mellagou. Le coefficient obtenu pour la série reconstituée et sensiblement élevée, attribué aux précipitations des années 2000 à 2010 qui ont été relativement importantes.

## V.3 Etude des crues

### V.3.1 Méthodologie

L'objet du calcul des crues de projet et de chantier est de quantifier un risque : on désire protéger l'ouvrage à réaliser contre un débit de crue  $Q(T)$  tout en sachant que le risque d'une crue supérieure n'est pas nul.

Au site de futur barrage de Mellagou existe une station hydrométrique qui contrôle le bassin versant de l'étude. la période d'observation au niveau de cette station va de 1989 entre 1999 soit 10 années seulement, ce qui est insuffisant pour pouvoir estimer les débits maximums de grandes périodes de retour (1000 et 100000ans).

Les observations enregistrées à la station de Mellagou sont à assez faibles comme cela a été démontré précédemment. Sur toute la période d'observation (1989-1999), nous avons relevé un débit maximum de **197 m<sup>3</sup>/s** (année 1996/97). Les autres de débits ont des valeurs qui varient entre **37 m<sup>3</sup>/s** et **159 m<sup>3</sup>/s**.

Le climat de la région se traduit par une très grande irrégularité des crues (en termes de période d'occurrence et d'intensité des événements).

L'estimation des crues de projet et de chantier au site de Mellagou est menée en s'appuyant sur les données observées, et en appliquant la méthode du Gradex.

Plusieurs méthodes de calcul ont été mises en œuvre :

- Les formules empiriques adaptées à l'Algérie
- Les méthodes statistiques appliquées aux débits maximums naturels à la station de Mellagou.
- La méthode des années stations associées à la méthode de Gradex.

La détermination des crues permettra le dimensionnement des ouvrages principaux, soit :

- L'évacuateur de crue en fonction de la cote des plus hautes eaux.
- Les ouvrages de dérivations.
- La cote de crête du batardeau.

### V.3.2 Débits maximums

### V.3.2.1 Débits de pointe-formules empiriques

Les formules empiriques pour la détermination des débits maximums, sont également utilisées afin de s'assurer de la cohérence des estimations précédentes dans le contexte régional. Ces formules sont utiles généralement pour donner un ordre de grandeur des débits de point en fonction de la période de retour. Parmi les formules les plus utilisées en Algérie, nous pouvons citer celles de Giandotti ou de Mallet-Gauthier. Les formules empiriques sont appliquées directement au site du barrage de Mellagou.

#### V.3.2.1.1 Formule de Gianodotti

Cette formule est intéressante, car elle tient compte de plusieurs paramètres du milieu tels que la surface S, la longueur du thalweg principal Hmoy, Hmin et un paramètre climatique à savoir la pluie de courte durée(Ptc) pour T=Tc

L'expression de la formule de Giandotti s'écrit comme suit :

$$Qp = \frac{C * Ptc * S * (Hmoy - Hmin)^{0,5}}{4 * \sqrt{S} + 1,5 * Lp} \dots\dots\dots(V.1)$$

Ou :

C : coefficient variable pris égal à 0,133

S : superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)

Hmoy : altitude moyenne de bassin (m)

Hmin : altitude de l'exutoire, au site de barrage (m)

Lp : longueur du thalweg principal (km)

Ptc : pluie de courte durée pour T=Tc (temps de concentration du bassin)

Avec :

$$Pt = Pmax * \left(\frac{t}{24}\right)^b \dots\dots\dots(V.2)$$

Ou :

Pjmax : pluie journalière maximale annuelle de fréquence donnée (mm).

Pt : pluie de courte durée de meme fréquence exprimée en mm, pour T=Tc.

b : exposant climatique pris égal à 0,2.

T=Tc : temps de concentration (heure).

Les résultats de cette formule pour le site étudié sont consignés dans le tableau suivant.

Tableau V.2 : Débits maximums selon la formule de Giandotti

| T        | TC      | Pjmax | Ptc  | C     | Lp    | S                  | Qmax                |
|----------|---------|-------|------|-------|-------|--------------------|---------------------|
| (années) | (heurs) | (mm)  | (mm) |       | (km)  | (Km <sup>2</sup> ) | (m <sup>3</sup> /s) |
| 10000    | 10,27   | 130   | 111  | 0,133 | 49,73 | 560,765            | 1007,39             |
| 1000     | 10,27   | 104   | 89   | 0,133 | 49,73 | 560,765            | 807,73              |
| 100      | 10,27   | 77    | 66   | 0,133 | 49,73 | 560,765            | 598,99              |
| 50       | 10,27   | 70    | 60   | 0,133 | 49,73 | 560,765            | 544,54              |
| 20       | 10,27   | 59    | 50   | 0,133 | 49,73 | 560,765            | 453,78              |
| 10       | 10,27   | 51    | 44   | 0,133 | 49,73 | 560,765            | 399,33              |

### V.3.2.1.2 Formule de Turazza

La formule de Turazza a pour expression :

$$Q = \frac{C \cdot Ptc \cdot S}{3,6 \cdot Tc} \dots \dots \dots (V.3)$$

Ou :

C : coefficient de ruissellement (variable selon la période de retour de l'évènement).

Ptc : Evènement de durée égal au temps de concentration.

Tc : temps de concentration du bassin versant (km<sup>2</sup>)

S : superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)

Les débits maximums calculés par la formule de Turazza sont regroupés dans le tableau ci-après :

Tableau V.3 : Les débits maximums selon la formule de Turazza

| T        | C   | Ptc  | Tc    | S                  | Qp                  |
|----------|-----|------|-------|--------------------|---------------------|
| (années) |     | (mm) | (h)   | (km <sup>2</sup> ) | (m <sup>3</sup> /s) |
| 10000    | 0,8 | 111  | 10,27 | 560,765            | 1346,86             |
| 1000     | 0,8 | 89   | 10,27 | 560,765            | 1079,91             |
| 100      | 0,6 | 66   | 10,27 | 560,765            | 600,62              |
| 50       | 0,6 | 60   | 10,27 | 560,765            | 546,02              |
| 20       | 0,6 | 50   | 10,27 | 560,765            | 455,02              |
| 10       | 0,6 | 44   | 10,27 | 560,765            | 400,42              |

Les formules empiriques appliquées donnent des résultats assez similaires pour les périodes de retour inférieures à 100 ans. Ces formules n'ont pas été développées pour déterminer

extrapoler les débits maximums pour les événements extrêmes (i.e. au-delà de 100 ans) et les valeurs qu'elles suggèrent doivent donc être considérées avec précaution.

#### V.4.1 Hydro gramme de crue

L'hydro gramme de crue est une représentation de la crue, il nous donne les caractéristiques principales de la crue :

- La forme de la crue
- Le volume de la crue
- La durée de la crue
- Le débit maximum de la crue (débit de pointe)

Pour le tracer de l'Hydrogramme de crue, on doit suivre la méthode de Giandotti qui divise l'Hydrogramme en deux parties non symétriques, une est calculée à partir du temps de montée et l'autre à partir du temps de la décrue.

a) Pour le temps de montée :

$$Q_{\text{montée}} = Q_{\text{max}} \left( \frac{T}{T_M} \right)^2 \dots \dots \dots (V.4)$$

Avec :

Tc : temps de concentration ;

Td: temps de décrue ;

Tm : Temps de montée.

b) Pour la décrue :

$$Q_{\text{déc}} = Q_{\text{max}} \left( \frac{T_d - T}{T_d} \right)^3 \dots \dots \dots (V.5)$$

Avec:

$$T_d = \delta T_m$$

$\delta$  : Coefficient dépendant des caractéristiques du bassin versant, il est pris en général compris entre (2 - 4), celui-ci est fonction du cours d'eau (longueur), de la perméabilité et du boisement du bassin, on prend  $\delta = 2$ .

Les résultats de calcul des débits de la crue pour les différentes périodes de retour (10; 50; 100; 1000) dans, sont donnés dans les tableaux

Tableau V.4: débits fréquentielles pour construction l'hydrogramme de crue (montée)

| Temps (h) | Qmax (10%) | Qmax (5%) | Qmax (2%) | Qmax (1%) | Qmax (0,1%) |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0           |
| 1         | 3,79       | 4,30      | 5,16      | 5,68      | 7,66        |
| 2         | 15,14      | 17,21     | 20,65     | 22,72     | 30,63       |
| 3         | 34,07      | 38,72     | 46,47     | 51,11     | 68,92       |
| 4         | 60,58      | 68,84     | 82,61     | 90,87     | 122,53      |
| 5         | 94,65      | 107,56    | 129,07    | 141,98    | 191,45      |
| 6         | 136,30     | 154,88    | 185,86    | 204,45    | 275,69      |
| 7         | 185,52     | 210,81    | 252,98    | 278,28    | 375,25      |
| 8         | 242,31     | 275,35    | 330,42    | 363,46    | 490,12      |
| 9         | 306,67     | 348,49    | 418,19    | 460,01    | 620,31      |
| 10        | 378,61     | 430,23    | 516,28    | 567,91    | 765,82      |
| 10,27     | 399,33     | 453,78    | 544,54    | 598,99    | 807,73      |

Tableau V.5: débits fréquentielles pour construction l'hydrogramme de crue (décru)

| Temps (h) | Qmax (10%) | Qmax (5%) | Qmax (2%) | Qmax (1%) | Qmax (0,1%) |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 0,00      | 0,00       | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00        |
| 1,00      | 3,79       | 4,30      | 5,16      | 5,68      | 7,66        |
| 2,00      | 15,14      | 17,21     | 20,65     | 22,72     | 30,63       |
| 3,00      | 34,07      | 38,72     | 46,47     | 51,11     | 68,92       |
| 4,00      | 60,58      | 68,84     | 82,61     | 90,87     | 122,53      |
| 5,00      | 94,65      | 107,56    | 129,07    | 141,98    | 191,45      |
| 6,00      | 136,30     | 154,88    | 185,86    | 204,45    | 275,69      |
| 7,00      | 185,52     | 210,81    | 252,98    | 278,28    | 375,25      |
| 8,00      | 242,31     | 275,35    | 330,42    | 363,46    | 490,12      |
| 9,00      | 306,67     | 348,49    | 418,19    | 460,01    | 620,31      |
| 10,00     | 378,61     | 430,23    | 516,28    | 567,91    | 765,82      |
| 10,27     | 399,33     | 453,78    | 544,54    | 598,99    | 807,73      |
| 11,27     | 343,51     | 390,68    | 468,82    | 515,69    | 695,41      |
| 12,27     | 293,43     | 333,71    | 400,46    | 440,50    | 594,01      |
| 13,27     | 248,46     | 282,57    | 339,10    | 372,54    | 502,98      |
| 14,27     | 208,43     | 236,95    | 284,33    | 312,77    | 412,76      |
| 15,27     | 172,79     | 196,52    | 235,82    | 259,40    | 349,80      |
| 16,27     | 141,54     | 160,97    | 193,16    | 212,48    | 286,52      |
| 17,27     | 114,30     | 129,99    | 155,99    | 171,58    | 231,38      |
| 18,27     | 90,80      | 103,26    | 123,91    | 136,30    | 183,81      |
| 19,27     | 70,76      | 80,48     | 96,57     | 106,23    | 143,25      |
| 20,27     | 53,91      | 61,31     | 73,57     | 80,94     | 109,14      |

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 21,27 | 39,97 | 45,47 | 54,56 | 60,02 | 80,93 |
| 22,27 | 28,68 | 32,62 | 39,14 | 43,05 | 58,05 |
| 23,27 | 19,73 | 22,45 | 26,94 | 29,63 | 39,96 |
| 24,27 | 12,88 | 14,65 | 17,58 | 19,34 | 26,07 |
| 25,27 | 7,83  | 8,90  | 10,68 | 11,75 | 15,85 |
| 26,27 | 4,30  | 4,90  | 5,88  | 6,47  | 8,72  |
| 27,27 | 2,04  | 2,32  | 2,79  | 3,07  | 4,13  |
| 28,27 | 0,75  | 0,86  | 1,03  | 1,13  | 1,53  |
| 29,27 | 0,17  | 0,19  | 0,23  | 0,25  | 0,43  |
| 30,27 | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,02  |
| 31,27 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |

#### V.4.2 Choix de la crue de projet

On définit la crue du projet par le choix de la période de retour du débit maximal de la crue, en fonction de l'importance de l'ouvrage, sur le plan économique et sur le plan sécuritaire. Généralement, pour les moyens barrages, dont la capacité est de l'ordre de quelques dizaines de millions de mètres cubes, on choisit la fréquence centennale (1%). Pour le cas du barrage de Mellagou, nous choisissons la durée de vie de 100 ans qui correspond à la durée d'exploitation sans risques majeurs. Donc, le choix de la crue du projet a un débit fréquentiel :  $Q_{\max} = 598,99\text{m}^3/\text{s}$ .

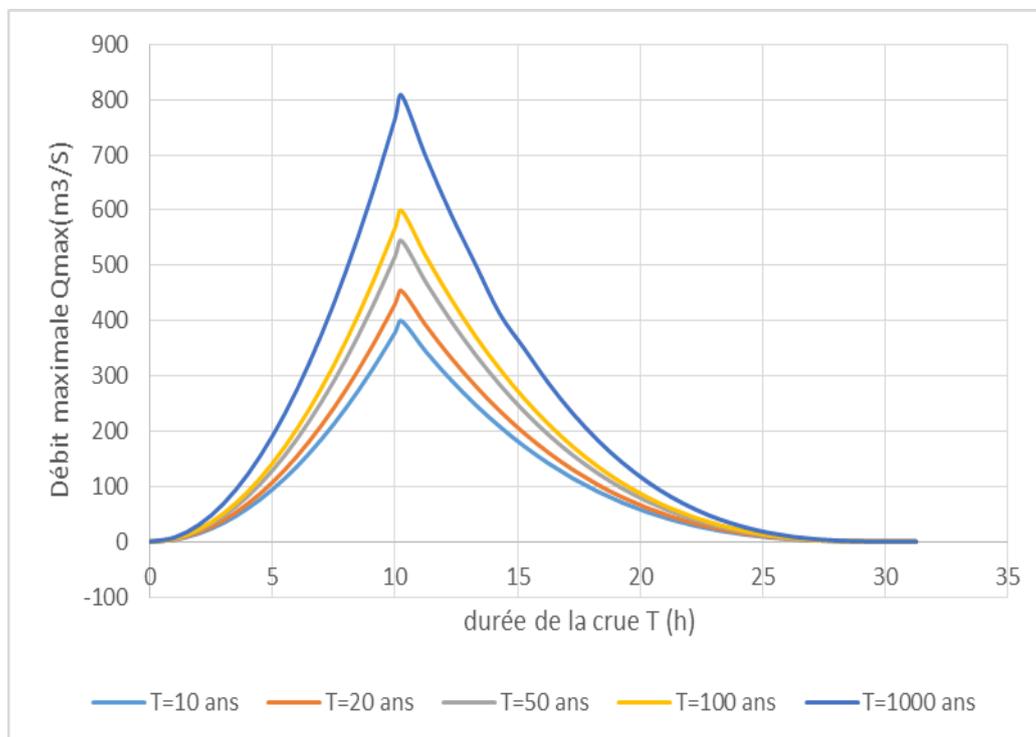


Figure V-4 : hydrogramme de la crue pour différentes périodes de retour

## V.5 Etude des apports solides

L'étude des apports solides est importante car elle doit aboutir à la détermination du volume mort ou garde d'envasement du futur barrage Mellagou.

Les données disponibles sur les apports solides en suspension ont été enregistrées à la station de Mellagou sur une période de 10 années entre 1989 et 2000.

Nous disposons également des données enregistrées sur l'oued El Arab à la station de Khangat Sidi Ndji.

A la station Mellagou, la concentration moyenne en matière en suspension est de :

$$C=15,36 \text{ g/l}$$

A Khangat Sidi Ndji sur l'oude El Arab, la concentration mesurée est de 30,45 g/l, soit presque le double de celle obtenue à Mellagou. Cela est attribué au fait que la superficie du bassin versant est plus grand soit 2085 km<sup>2</sup> et représente presque 4 fois la superficie de Mellagou. Par ailleurs, le sous-bassin versant de Mellagou est protégé par une végétation arbustive formé de chênes et de pins et par une végétation basse constituée essentiellement par de l'Alfa.

Le transport en suspension au site de Mellagou représente ainsi 130 406,4 tonnes par an.

Par ailleurs, si on considéré que le transport charrié représente 25% du transport en suspension, l'apport solide cumulé au site de barrage sera 163 000 t/an.

Ce qui correspondant à un taux d'abrasion  $Ta=290 \text{ t/km}^2/\text{an}$ .

Ainsi le volume mort sur une durée 50 années se calcule selon la relation suivante :

$$V_{mot} = \frac{(Ta * S * D)}{\gamma} \dots\dots\dots(V.6)$$

Ta : taux d'abrasion, t/km<sup>2</sup>/an.

S : superficie du bassin versant 560,765 km<sup>2</sup>.

D : durée de vie de barrage : 50 années.

$\gamma$  : poids spécifique des sédiments : 1,6 t/m<sup>3</sup>.

Le volume mort ou grande d'envasement a site de barrage Mellagou, sur période de 50 ans serait de :

$$V_{mot}=5,08 \text{ hm}^3$$

En appliquant la formule de Tixeront pour validation régionale :

$$Ta=350 * R^{0,15} \dots\dots\dots(V.7)$$

R représente la lame d'eau moyenne ruisselée=**14,40 mm**

Soit  $T_a = 522,17 \text{ t/km}^2/\text{an}$ , valeur supérieur à celle obtenue à partir des données observées.

On accordera plus de fiabilité à l'estimation faite à partir des observations et mesure in-situ.

## V.5 Etude de régularisation de l'écoulement :

### V.5.1. Courbes caractéristique de la retenue

La cote minimale relevée est de 858,63 m, et la cote maximale de 880m, soit hauteur près de 41 mètres.

L'approximation des volumes a été faite selon l'expression :

$$\Delta V = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \Delta H$$

$S_i$  : surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau  $H_i$  en  $m^2$

$S_{i+1}$  : surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau  $H_{i+1}$  en  $m^2$

$\Delta H$  : Différence d'altitude entre les deux courbes de niveau successives

$\Delta V_i$  : Volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau successives ( $m^3$ )

- D'après les données fournis (surfaces) on a récapitulé l'ensemble des résultats de calcul dans le tableau suivant :

Tableau V-6: les caractéristiques topographiques de la retenue.

| cote(m) | profondeur<br>H | cuml<br>( $km^2$ ) | cuml<br>( $hm^3$ ) |
|---------|-----------------|--------------------|--------------------|
| 839     |                 | 0,000              | 0,000              |
| 840     | 1               | 0,003              | 0,001              |
| 842     | 2               | 0,021              | 0,024              |
| 844     | 2               | 0,066              | 0,087              |
| 846     | 2               | 0,127              | 0,193              |
| 848     | 2               | 0,174              | 0,301              |
| 850     | 2               | 0,256              | 0,430              |
| 852     | 2               | 0,334              | 0,590              |
| 854     | 2               | 0,433              | 0,768              |
| 856     | 2               | 0,545              | 0,978              |
| 858     | 2               | 0,698              | 1,243              |
| 860     | 2               | 0,831              | 1,530              |
| 862     | 2               | 0,978              | 1,809              |

|     |   |       |       |
|-----|---|-------|-------|
| 864 | 2 | 1,127 | 2,105 |
| 866 | 2 | 1,249 | 2,376 |
| 868 | 2 | 1,374 | 2,623 |
| 870 | 2 | 1,513 | 2,887 |
| 872 | 2 | 1,699 | 3,212 |
| 874 | 2 | 1,901 | 3,600 |
| 876 | 2 | 2,133 | 4,034 |
| 878 | 2 | 2,337 | 4,470 |
| 880 | 2 | 2,565 | 4,902 |

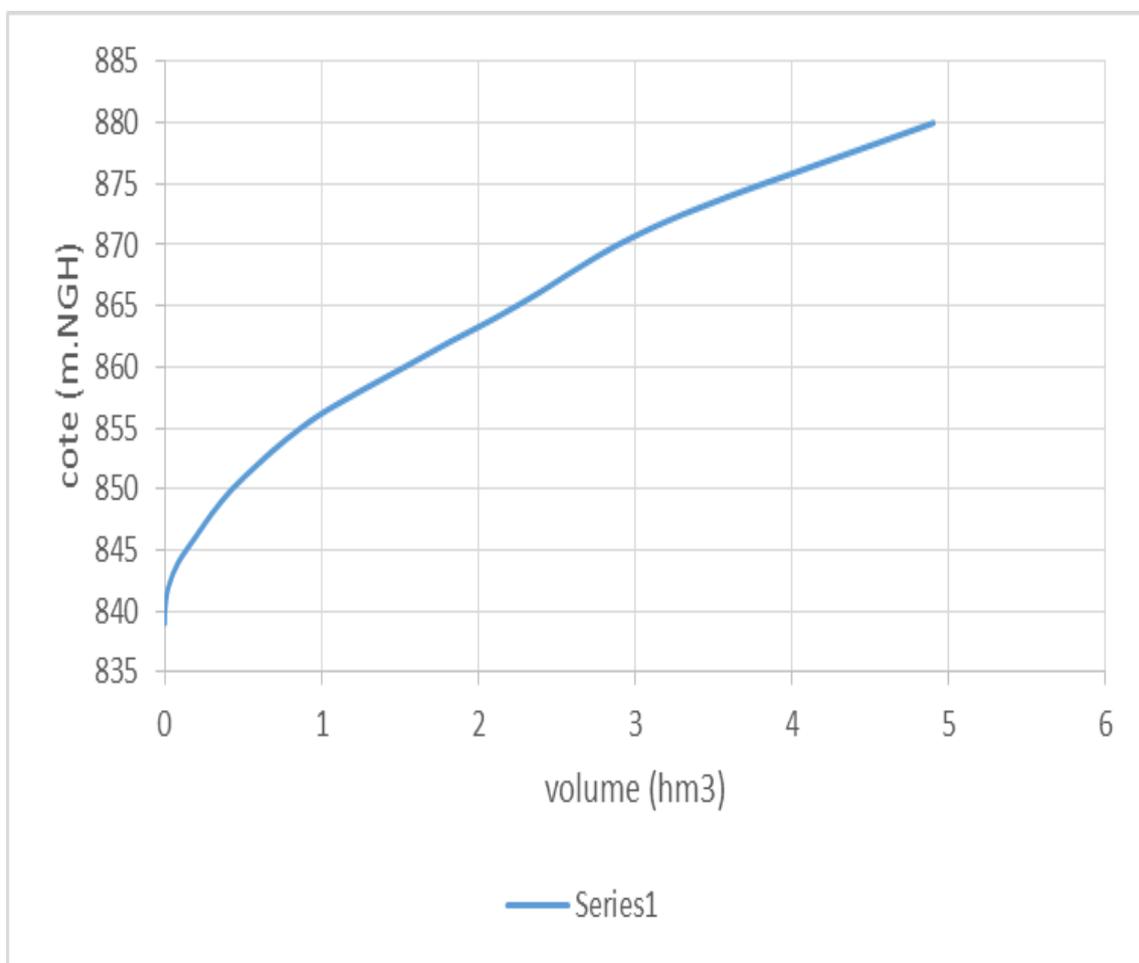


Figure V-5 : courbe des altitudes en fonction des volumes

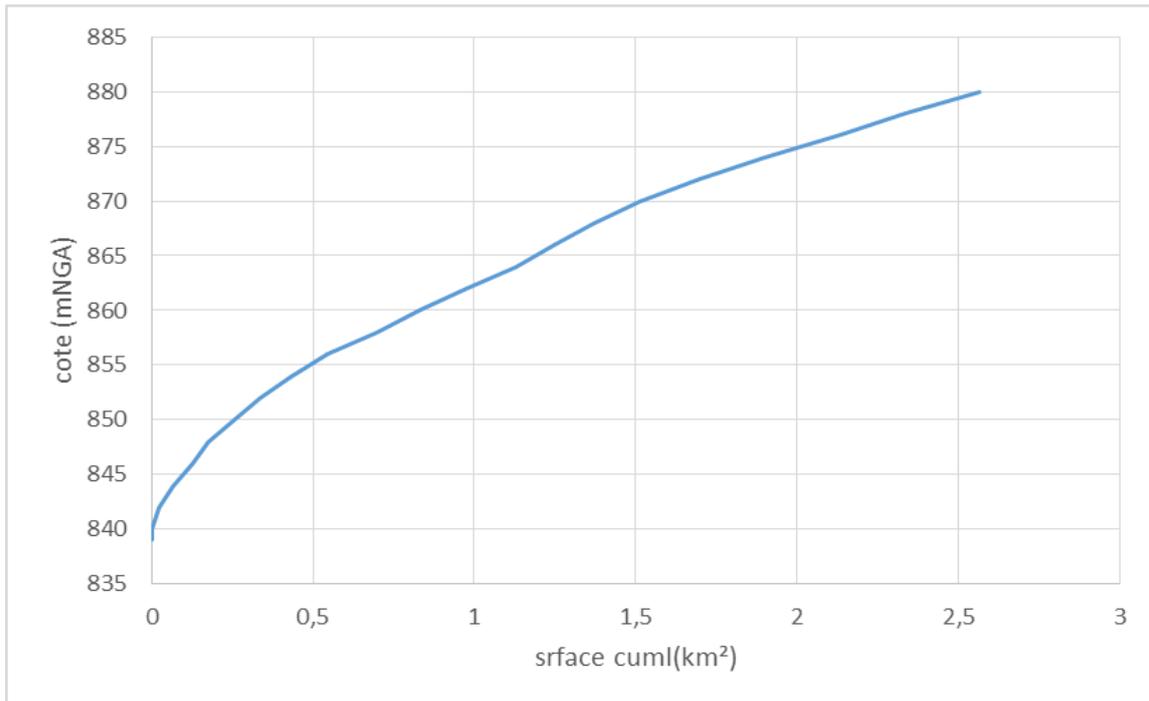


Figure V-6 : Courbe des altitudes en fonction des surfaces

La courbe des altitudes en fonction des volumes est utilisée pour la détermination du niveau du volume mort (NVM), le niveau normal de la retenue (NNR).

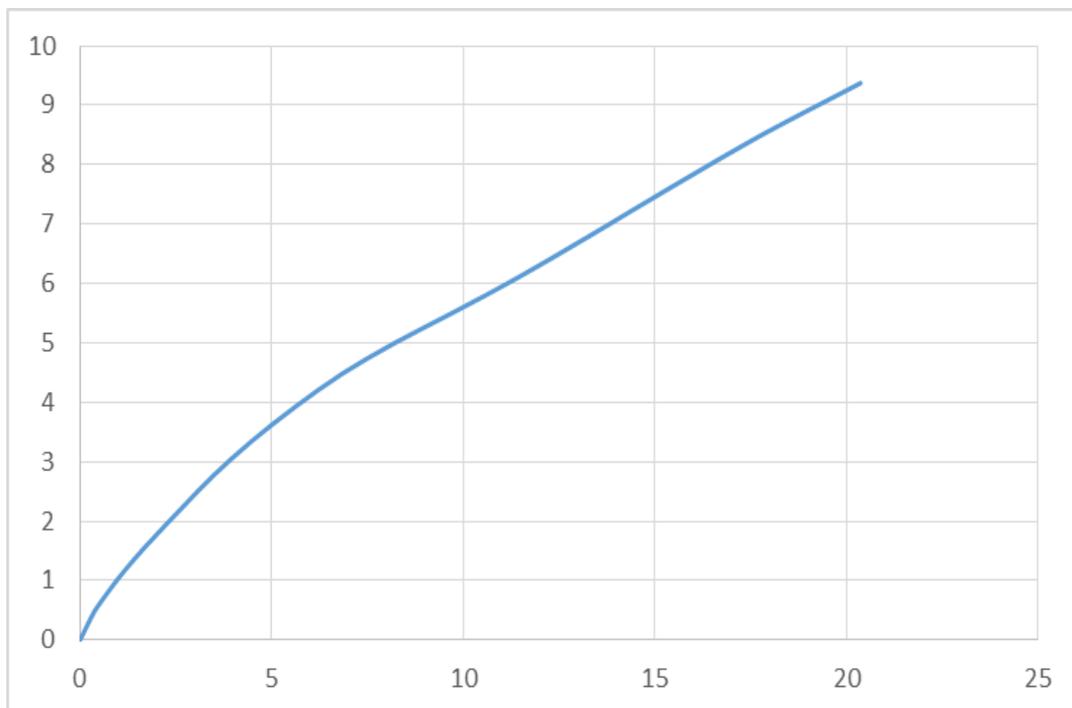


Figure V-7 : courbe des surfaces en fonction des volumes

### V.5.2.Régularisation interannuel

La régularisation interannuelle a pour but de satisfaire la consommation durant plusieurs années.

#### V.5.2.1.Calcul du volume utile de barrage sans tenir compte des pertes

##### A/ Méthode de pléchkoz – savaidze

Pour effectuer ce calcul, on applique la première méthode de pléchkoz – savaidze La formule s'écrit comme suit :

$$Vu = (\beta_s + \beta_{plur}) A_0$$

$\beta_s$  : Composante saisonnière du volume utile ;

$\beta_{plur}$  : Composante pluriannuelle du volume utile ;

$A_0$  : Ecoulement moyen interannuel.

- La composante saisonnière  $\beta_s$  est égale :

La composante saisonnière est déterminée à partir de l'abaque de Kritsky-Menkel (Annexe14), qui est-on fonction de coefficient de régularisation «  $\alpha$  » et le volume relatif «m» de l'écoulement pendant l'étiage au cours de l'année.

Estimation du coefficient de régularisation  $\alpha$  :

$$\alpha = \frac{up\%}{A_0}$$

Avec :

UP%: Demande en eau à satisfaire pour une garantie de P% ;

$A_0$ : Ecoulement moyen interannuel.=8,11hm<sup>3</sup>

$\alpha$ : Le coefficient de régularisation de l'écoulement est de l'ordre de : 0,586

A partir de l'abaque de Kritsky-Menkel, on constate que la valeur de  $\beta_s$ , est :  $\beta_s = 0,365$

Le volume saisonnier qui correspond à  $\beta_s$  calculé, est de l'ordre de :  $V_s = 2960000 \text{ m}^3$

##### B/ la méthode Kristly-Menkel:

Cette méthode basée sur les caractéristiques de l'échantillon. Elle consiste à déterminer le déficit pendant des années sèches. Donc il faut déposer d'une série des débits moyens annuels exprimés en coefficient de débit  $ki = \frac{QT}{Q}$  et un coefficient de régularisation  $\alpha$ .

On a :  $V_{uint} = V_s + V_{int}$

Le volume interannuel dont la relation :  $V_{int} = \beta_{plur} .A_0$

$$\beta_{\text{Plur}} = \max(D) = \max[(\alpha - K_p\%) \cdot n]$$

Avec :  $\alpha$ : Coefficient de régularisation

$K_p\%$  : Coefficient de l'hydraulicité

$$K_p\% = F_p\% C_v(n) + 1$$

Avec :

$C_v$  : Coefficient de variation

$F_p\%$ : la probabilité en fonction de  $P\%$  et  $C_s$

$n$  : nombre d'année. ( $n=63$ ) (Station Bouhmama)

$$C_v(n) = \frac{C_v}{\sqrt{n}} ; C_s(n) = \frac{C_s}{\sqrt{n}}$$

Donc :  $\beta_{\text{plur}} = \max[(\alpha - K_p\%) \cdot n]$

D'après le tableau de calcul dans l'annexe(14) on trouve :  $\beta_{\text{plur}} = 0,99$

$$V_{\text{plur}} = \beta_{\text{plur}} A_o = 0,99 \cdot 8,11$$

$$V_{\text{plur}} = 80300000 \text{ m}^3$$

Donc :  $V_{\text{uint}} = V_s + V_{\text{int}} = 2960000 + 80300000$

$$V_{\text{uint}} = 83260000 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{uint}} = 83,26 \text{ hm}^3$$

Le volume au niveau normal de la retenue est:

$$V_{\text{NNR}} = V_m + V_U$$

$$V_{\text{NNR}} = 88,34 \text{ hm}^3$$

## V.5 CONCLUSION

A la fin de ce chapitre, on a trouvé que :

La moyenne annuelle de l'apport liquide sur cette courte période est de **8,11 hm<sup>3</sup>**.

Le choix de la crue du projet a un débit fréquentiel :  $Q_{\text{max}} = 807,73 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Le volume mort :  $V_{\text{mort}} = 5,08 \text{ hm}^3$ .

$$V_{\text{NNR}} = 88,34 \text{ hm}^3.$$

# Conclusion générale

### Conclusion générale

Bassin versant de Oued Mellagou situé au Nord Est de territoire Algérien; appartient à l'ensemble des hautes plateaux constantinoise. Fait partie de grand Bassin versant d'Oued Arab. Dans ce travaille nous avons procédé à l'analyse détaillée des paramètres suivant:

L'analyse des composantes principale mettre en évidence l'interaction entre eux ; l'étude géologique pu individualiser les formations selon leur perméabilité, En fait la majorité des formations ont, de part de leur structure physique ; une perméabilité assez bonne. La situation pédologique est caractérisée par l'homogénéité des sols ; ou on observe généralement deux grandes classes : Classe des sols calcimagnésiques et Classe des Vertisols.

Les paramètres géométrique et morpho métrique montre que ce bassin possède une forme allongée  $Kc = 1.63$ . La densité de drainage est élevé  $Dd = 0,906 \text{ Km/Km}^2$  ou se où se conjugue un très fort relief, une abondance pluviométrique relative et une faible perméabilité des affleurements. Le bassin reflète aussi un bon drainage. Le Coefficient de torrentialité est  $0,310 \text{ Km}^3$  et le Temps de concentration  $Tc = 10.27 \text{ h}$ .

L'étude climatique est base sur des séries d'observations mensuelles et annuelles s'étale sur une période de 40 ans fournées par l'ANRH. Après une étude critique des données pour leur validation. Deux saisons thermiques semblent bien tranchées. Une saison chaude de Mai à Octobre et une saison froide de Novembre à Avril. Avec une précipitation moyenne annuelle  $346,269 \text{ mm}$ .

La variation spatio-Temporelle des précipitations annuelles présentes une tendance déficitaire des pluies Les conséquences directes va donc se traduire par une faible hydraulicité. L'application des lois de probabilité sur les séries pluviométriques a pour but de bien estimer les pluies a différentes périodes de retour et fréquences.

L'interprétation statistique et graphique nous a permis de saisir des variations spatiales de l'écoulement superficiel en liaisons avec les données climatiques, physiques et physiographiques du bassin versant.

L'étude de milieu physique ne refléxe pas leur réalité si on exception l'aspect socioéconomique qui se détermine par les potentialités et les contraintes.

Les potentialités se manifestent dans:

Un potentiel hydrique important qui présente une richesse mais les contraintes posent un obstacle d'exploitation; le premier obstacle c'est la situation de bassin en elle-même (Région Montagneuse), climatique et physiques. L'interaction des paramètres cités préalablement pose

## Conclusion générale

---

le risque érosif comme risque majeur affect la région 522,17T/Km/an. D'après la carte de l'érosion on constate trois niveaux de stabilités (Faible, Moyen et Fort).

Cette étude de bassin versant d'Oued Mellagou a abouti à la création des banques de données. Cette masse de données est gigantesque de telles manières qu'il est vraiment difficile de les exploitées et les gérer sous forme papiers où par le logicielles xls\* de Microsoft.

Pour ces raisons, et pour la première fois, nous les avons organisés sous forme des banques de données par le logicielles ARC GIS.

## Documents de référence

[1] mémoire Analyse Multicritères des composantes du Milieu à l'aide des techniques de la géomatique pour un aménagement intégré de la vallée d'Oued Mellagou- Bouhmama W. KHENCHELA.

[2] [http://www.soudoud-dzair.com/?action=esmap\\_vect&table=chahidgis\\_barrage](http://www.soudoud-dzair.com/?action=esmap_vect&table=chahidgis_barrage).

[3] [https://www.djazairress.com/fr/search/AGENCE+NATIONALE+DES+BARRAGE+S+Ouverture+des+plis+techniques?fbclid=IwAR24r2nRsYpr31azimNJoTTeU\\_HXcg5i-JPK5jxxKODqERADbSQXXRdDPHI](https://www.djazairress.com/fr/search/AGENCE+NATIONALE+DES+BARRAGE+S+Ouverture+des+plis+techniques?fbclid=IwAR24r2nRsYpr31azimNJoTTeU_HXcg5i-JPK5jxxKODqERADbSQXXRdDPHI).

[4] Rapport p.005713-RP-E Rapport Mission n°02 : Etude hydrologique.

[5] Roche. 1963, Cosande, 2001.

[6] Dimensionnement hydrologique du barrage de bounachi (w. Tizi ousou) (2).pdf.

[7] ANRH. Donnée pluviométrique

[8] Mébarki Azzedine, 2005 hydrology des bassins de l'Est Algérien : Ressource en eau, aménagement et environnement-Université de Constantine-thèse de Doctorat.

[9] mémoire Analyse Multicritères des composantes du Milieu à l'aide des techniques de la géomatique pour un aménagement intégré de la vallée d'Oued Mellagou- Bouhmama W. KHENCHELA.

[10] ANBT. Les cartes topographiques (géologiques).

[11] Richard H McCuen, 1998-Hydrologic analysis And Design-Tome 1.

[12] Richard H McCuen, 1998-Hydrologic analysis And Design-Tome 2.

[13] UKrguiprovodkhoz-Kiev-1987- Barrage de Babar-Etude hydrologique.

[14] ENERGOPROJEKT, 2012-Barrage de Bouzian-APD-Etude hydrologique

[15] Etude de faisabilité du Barrage de Khangat sidi nadji-Etude hydrologique février 1988.

[16] cartes topographiques (ANRH).

[17] BG-STUKY, 2007, Barrage de Bouzina-Etude faisabilité- Etude Hydrologique.

[18] ven te chow, handbook of applied hydrology, wiesner's (hydrométéorologie).

**Société** : Agence Nationale des barrages et Transferts.

**Site web**: [www.google.com](http://www.google.com).

<https://earthexplorer.usgs.gov>.

**Logiciels**: ARC GIS, Microsoft Excel, Microsoft Word et Paint.

# Annexe







## Annexe-4: Station d'Ain Mimoun (07-07-04)

| année     | sept  | oct   | nov   | dec   | janv  | fev   | mars  | avril | mai   | juin  | juil  | aout  | annuel |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1968-69   | 36,1  | 0     | 0     | 27,6  | 46,9  | 19    | 66,5  | 42,4  | 0,6   | 0     | 8     | 18,4  | 265,5  |
| 1969-70   | 175,2 | 102,2 | 0     | 82    | 24    | 1,3   | 14,5  | 150,8 | 71    | 46,9  | 20,4  | 0     | 688,3  |
| 1970-71   | 12,6  | 58,2  | 38,61 | 14,3  | 31,5  | 66,2  | 21,5  | 0     | 33    | 0     | 20,1  | 0     | 296,01 |
| 1971-72   | 39,24 | 27,3  | 29,5  | 17,3  | 72,9  | 36,9  | 98,1  | 135   | 80,5  | 44,5  | 8,4   | 26,02 | 615,66 |
| 1972-73   | 24,5  | 129,4 | 26,2  | 64,3  | 42,2  | 61,4  | 132,8 | 48,7  | 3,1   | 31,4  | 2,4   | 49,2  | 615,6  |
| 1973-74   | 6,3   | 21,9  | 12,8  | 182   | 6,6   | 41,5  | 42,9  | 36,6  | 12,5  | 27,4  | 20,2  | 7,3   | 418    |
| 1974-75   | 65,1  | 66,5  | 38,2  | 13,6  | 69,8  | 85,2  | 65    | 43,7  | 82,1  | 1,6   | 3,7   | 34,1  | 568,6  |
| 1975-76   | 33,8  | 5,5   | 82,8  | 21,8  | 45,5  | 64,3  | 101,7 | 30,3  | 77,1  | 12    | 15,3  | 22,3  | 512,4  |
| 1976-77   | 59    | 27,7  | 88,9  | 20,3  | 30,6  | 14,5  | 60,5  | 71,9  | 45,5  | 34,6  | 0     | 20,3  | 473,8  |
| 1977-78   | 13,5  | 0,1   | 113,6 | 1     | 10,6  | 33,1  | 31,8  | 11,7  | 20    | 0     | 0     | 53    | 288,4  |
| 1978-79   | 3     | 50,7  | 8,5   | 4     | 5,3   | 61,5  | 11    | 128,7 | 10,5  | 0     | 0     | 0     | 283,2  |
| 1979-80   | 122,8 | 4,5   | 6,4   | 20,4  | 11,3  | 75,8  | 85,3  | 57,1  | 0     | 3,7   | 0     | 1,3   | 388,6  |
| 1980-81   | 18,8  | 2,7   | 28,8  | 136,4 | 38,2  | 56,4  | 54,9  | 21,3  | 10,2  | 48,7  | 25,2  | 18,9  | 460,5  |
| 1981-82   | 54,1  | 27,9  | 11    | 20,3  | 76,6  | 43,5  | 28,8  | 144,5 | 123,9 | 0     | 0     | 0     | 530,6  |
| 1982-83   | 19,1  | 90,6  | 117   | 15,9  | 1,8   | 19,2  | 25,4  | 0     | 23    | 7,5   | 0     | 125,9 | 445,4  |
| 1983-84   | 0     | 60,8  | 14,8  | 20,9  | 43,5  | 48,9  | 53    | 38,4  | 4,7   | 5,1   | 1,4   | 9,9   | 301,4  |
| 1984-85   | 3,9   | 73    | 23,5  | 88    | 25,4  | 10,2  | 80,1  | 28    | 77,1  | 3     | 11    | 0     | 423,2  |
| 1985-86   | 73,4  | 22,4  | 7,3   | 16,4  | 20,4  | 18,7  | 175,9 | 34,1  | 15,9  | 10,8  | 0,4   | 5,1   | 400,8  |
| 1986-87   | 51    | 18,3  | 55,4  | 34,5  | 6,7   | 40    | 32,4  | 14,3  | 30,3  | 43,6  | 24,4  | 12,5  | 363,4  |
| 1987-88   | 15,2  | 25,5  | 21,6  | 20,7  | 30,3  | 17,3  | 7,8   | 18    | 62,8  | 65,8  | 0,9   | 6,5   | 292,4  |
| 1988-89   | 22,3  | 5,9   | 58,3  | 56,8  | 14,8  | 13,1  | 22,6  | 33,2  | 30,8  | 89,1  | 41,2  | 34,8  | 422,9  |
| 1989-90   | 81,5  | 36,6  | 18,5  | 39,1  | 202,3 | 0     | 71,4  | 42,8  | 65,2  | 5,4   | 54,5  | 87,1  | 704,4  |
| 1990-91   | 29,4  | 11,7  | 91    | 74,5  | 25,4  | 49,2  | 104,7 | 43,6  | 43,7  | 10,6  | 0     | 17,2  | 501    |
| 1991-92   | 35,8  | 98,9  | 29    | 17,5  | 43    | 36,4  | 106,3 | 73,2  | 81,4  | 6,5   | 13,03 | 0     | 541,03 |
| 1992-93   | 25    | 32,5  | 62,5  | 88,5  | 21    | 35,7  | 53,5  | 14,5  | 56    | 3,5   | 30,5  | 9,1   | 432,3  |
| 1993-94   | 31    | 21    | 24,6  | 67,5  | 35    | 29    | 42,2  | 30    | 7,4   | 0     | 22,5  | 14,8  | 325    |
| 1994-95   | 41,4  | 28,7  | 33,5  | 7     | 44    | 1,5   | 46,7  | 23    | 0     | 42,8  | 28,3  | 18,5  | 315,4  |
| 1995-96   | 63,6  | 56,3  | 23,5  | 12    | 73,5  | 155,7 | 96    | 67    | 73,4  | 40,5  | 9,5   | 15    | 686    |
| 1996-97   | 15,5  | 0     | 5,5   | 11,5  | 22    | 0     | 17    | 31    | 8     | 7,4   | 15,5  | 6,5   | 139,9  |
| 1997-98   | 39,24 | 39,7  | 83,5  | 54    | 0     | 37,7  | 82,7  | 77,2  | 67,2  | 33,7  | 2,4   | 56,8  | 574,14 |
| 1998-99   | 36,1  | 56,6  | 36,4  | 18,8  | 44,3  | 14,4  | 23,7  | 11,4  | 38    | 11    | 4,1   | 44,6  | 339,4  |
| 1999-2000 | 21,5  | 58,4  | 83,5  | 71,5  | 13,1  | 3,8   | 10,5  | 7,1   | 103,1 | 30,6  | 0     | 14,1  | 417,2  |
| 2000-2001 | 10,7  | 30,7  | 17,9  | 15,3  | 21,7  | 11    | 4,9   | 36,6  | 89,4  | 2,2   | 0     | 17,3  | 257,7  |
| 2001-2002 | 81    | 48,8  | 34    | 13,6  | 8,7   | 36,7  | 22,1  | 22,5  | 47,73 | 23,38 | 13,03 | 84,3  | 435,84 |
| 2002-2003 | 33,3  | 14,1  | 76,1  | 30,9  | 70,9  | 27,6  | 34,1  | 57,6  | 22    | 31,7  | 1,4   | 15,7  | 415,4  |
| 2003-2004 | 20,9  | 60,8  | 40,8  | 21,8  | 8,9   | 17,9  | 27,2  | 34,8  | 116,5 | 82,5  | 27,5  | 26,02 | 485,62 |
| 2004-2005 | 21,1  | 10,8  | 96    | 134,5 | 22,3  | 58,2  | 33,2  | 38,9  | 8     | 26    | 15    | 8,5   | 472,5  |
| 2005-2006 | 30    | 31,2  | 29,3  | 50    | 75,9  | 45,2  | 8,1   | 25,9  | 123,8 | 96,4  | 38,5  | 38,6  | 592,9  |
| 2006-2007 | 20,2  | 29    | 20,9  | 68    | 7,4   | 13,2  | 97,5  | 109,5 | 23,9  | 12,5  | 4     | 37,9  | 444    |
| 2007-2008 | 31,9  | 8,3   | 15,3  | 17,9  | 12,3  | 9,9   | 25    | 19,3  | 76,5  | 3     | 43,7  | 36,7  | 299,8  |
| 2008-2009 | 3,2   | 27,7  | 9,8   | 41,69 | 142,9 | 12,7  | 67,2  | 38,1  | 73    | 3,6   | 16,5  | 83,5  | 519,89 |
| 2009-2010 | 126,6 | 17,6  | 7     | 16,7  | 68,2  | 25,2  | 29,6  | 74,5  | 66    | 32,9  | 4,4   | 15,2  | 483,9  |
| N         | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41     |
| xm        | 39,28 | 36,68 | 38,61 | 41,69 | 38,52 | 34,50 | 52,76 | 46,84 | 47,73 | 23,38 | 13,03 | 26,02 | 439,00 |
| σm        | 35,92 | 30,4  | 32,38 | 39,58 | 38,39 | 29,31 | 38,41 | 37,91 | 36,36 | 25,5  | 14,07 | 27,83 | 129,35 |
| Cv        | 0,91  | 0,83  | 0,84  | 0,95  | 1,00  | 0,85  | 0,73  | 0,81  | 0,76  | 1,09  | 1,08  | 1,07  | 0,29   |
| max       | 175,2 | 129,4 | 117   | 182   | 202,3 | 155,7 | 175,9 | 150,8 | 123,9 | 96,4  | 54,5  | 125,9 | 704,4  |
| min       | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 4,9   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 139,9  |

## Annexe-5 : Station de Chelia (07-06-06)

| année     | sept  | oct   | nov   | dec   | janv  | fev   | mars  | avril | mai   | juin  | juil  | aout  | annuel |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1969-70   | 158,2 | 132,1 | 17,6  | 13    | 0     | 17,1  | 7,5   | 167,7 | 94,5  | 7     | 23    | 2,7   | 640,4  |
| 1970-71   | 25    | 62,9  | 14,5  | 15,8  | 87,4  | 87    | 53,6  | 0,3   | 55,3  | 7,1   | 13,9  | 5,2   | 428    |
| 1971-72   | 32,2  | 0     | 54,6  | 25,5  | 86,1  | 66,1  | 94,3  | 175,1 | 77,1  | 54,2  | 13,5  | 24    | 702,7  |
| 1972-73   | 109   | 98,5  | 76,1  | 45,8  | 42,9  | 61,6  | 105,9 | 2,3   | 2,2   | 33,6  | 1,5   | 41,5  | 620,9  |
| 1973-74   | 22,1  | 63,6  | 16,8  | 175,5 | 9,7   | 30,8  | 51    | 76,1  | 11    | 44,5  | 8,2   | 1,5   | 510,8  |
| 1974-75   | 20,5  | 76,5  | 19,2  | 14,4  | 52,3  | 100,4 | 69    | 50,3  | 61,5  | 1     | 0     | 20,2  | 485,3  |
| 1975-76   | 0     | 10,5  | 63    | 16,8  | 32,5  | 77,9  | 95,2  | 56,9  | 105,5 | 73    | 25,3  | 30    | 586,6  |
| 1976-77   | 88,7  | 24,5  | 116,5 | 54,5  | 63    | 4     | 97    | 101   | 84    | 107   | 5     | 26    | 771,2  |
| 1977-78   | 2     | 0     | 90    | 0     | 2,8   | 29,6  | 15    | 20    | 36    | 5     | 0     | 52,3  | 252,7  |
| 1978-79   | 4,5   | 65    | 2     | 2,5   | 33    | 82    | 66,5  | 101   | 21    | 38,2  | 3     | 14,1  | 432,8  |
| 1979-80   | 123,9 | 13,2  | 10,7  | 15,6  | 23,9  | 62,2  | 106   | 60,2  | 40,5  | 3,7   | 7,4   | 0,5   | 467,8  |
| 1980-81   | 43,8  | 4,8   | 41,4  | 150,3 | 46,1  | 69,7  | 45,7  | 22,2  | 14,7  | 50,1  | 10    | 16,3  | 515,1  |
| 1981-82   | 75    | 14,5  | 13    | 22    | 91,7  | 59,6  | 40    | 114,6 | 124,5 | 20,7  | 0,8   | 15,5  | 591,9  |
| 1982-83   | 28    | 89,5  | 54,5  | 25    | 2,3   | 17,2  | 52,1  | 5     | 21,1  | 11    | 0     | 57,8  | 363,5  |
| 1983-84   | 0,3   | 84    | 16,9  | 31,9  | 51,2  | 30,5  | 42    | 38    | 44,1  | 0     | 0     | 0     | 338,9  |
| 1984-85   | 7     | 66,6  | 25,8  | 121,2 | 34,3  | 27    | 74    | 30,8  | 85,3  | 0     | 7     | 12    | 491    |
| 1985-86   | 87    | 52,3  | 17    | 28    | 40    | 19    | 200   | 58    | 44,5  | 15,5  | 0     | 25,8  | 587,1  |
| 1986-87   | 55,3  | 69,5  | 84,7  | 58    | 15,5  | 55,5  | 32,4  | 20,3  | 54    | 8     | 82    | 22    | 557,2  |
| 1987-88   | 16    | 19    | 34    | 23    | 26,5  | 21,5  | 24,5  | 19,5  | 29,9  | 73    | 1     | 9     | 296,9  |
| 1988-89   | 36    | 18,5  | 67,9  | 93    | 22    | 26    | 31    | 66,5  | 36    | 67,4  | 17    | 126   | 607,3  |
| 1989-90   | 23,5  | 20,5  | 27,3  | 44    | 204   | 0     | 69    | 73    | 103,5 | 23,5  | 15    | 152   | 755,3  |
| 1990-91   | 29    | 8,5   | 120   | 60,7  | 18    | 50,5  | 134,8 | 66,3  | 27    | 29,5  | 19,4  | 18,9  | 582,6  |
| 1991-92   | 35,3  | 80,1  | 34,6  | 21,7  | 42,3  | 46    | 136,6 | 76,5  | 112,1 | 10,9  | 23,8  | 58    | 677,9  |
| 1992-93   | 36,5  | 21,7  | 100,5 | 79,4  | 24    | 67    | 36    | 23    | 50,5  | 17,9  | 0     | 4,5   | 461    |
| 1993-94   | 23,7  | 15,5  | 27,4  | 99,2  | 41,8  | 28    | 20,6  | 32    | 9,9   | 1,5   | 44    | 5,5   | 349,1  |
| 1994-95   | 92,6  | 47    | 29,3  | 24,9  | 65,8  | 2,5   | 80,6  | 16,8  | 9,9   | 52    | 32    | 17,9  | 471,3  |
| 1995-96   | 67,2  | 46,4  | 18,6  | 43,2  | 113,3 | 132,2 | 101,2 | 71,6  | 35,4  | 29,1  | 14,2  | 17,8  | 690,2  |
| 1996-97   | 16,6  | 1,4   | 3,9   | 27,5  | 45,5  | 14,5  | 26,5  | 37,7  | 3     | 19    | 14,8  | 67,8  | 278,2  |
| 1997-98   | 112,2 | 56,6  | 82,1  | 66    | 11,4  | 37,8  | 61,1  | 58,3  | 61,7  | 39,6  | 0     | 56,6  | 643,4  |
| 1998-99   | 22    | 47,3  | 61,7  | 32,3  | 120,3 | 24,9  | 30,2  | 15,5  | 35,3  | 25,7  | 8,6   | 11,5  | 435,3  |
| 1999-2000 | 20,7  | 23,6  | 144   | 93,3  | 21,6  | 14,2  | 13,7  | 0     | 119,1 | 23,5  | 4,8   | 27,1  | 505,6  |
| 2000-2001 | 58,6  | 19,5  | 22    | 16,4  | 28,7  | 8,2   | 4,3   | 12,1  | 71,1  | 0     | 2,8   | 10,6  | 254,3  |
| 2001-2002 | 110   | 53,7  | 50,6  | 8,7   | 9,3   | 6,8   | 24,7  | 13,2  | 58,7  | 27,8  | 9,6   | 79,6  | 452,7  |
| 2002-2003 | 21,6  | 29,2  | 94,1  | 14,2  | 132,2 | 102,9 | 33,8  | 51,6  | 13,8  | 35,2  | 9,6   | 0     | 538,2  |
| 2003-2004 | 99    | 66,2  | 38,9  | 83,2  | 51,2  | 14,5  | 83,6  | 55,5  | 148,7 | 84,2  | 4,6   | 32,5  | 762,1  |
| 2004-2005 | 26,9  | 5,5   | 104,3 | 129,3 | 45,9  | 59,1  | 31,2  | 64,4  | 18,8  | 67,3  | 16    | 2,8   | 571,5  |
| 2005-2006 | 13,5  | 18,6  | 41,2  | 72,6  | 143,2 | 39,9  | 4,3   | 63,3  | 56,2  | 45,8  | 0     | 0     | 498,6  |
| 2006-2007 | 21,7  | 34,8  | 22,7  | 89    | 15,6  | 22    | 105,1 | 81,6  | 11,3  | 12,1  | 0     | 17,6  | 433,5  |
| 2007-2008 | 81,4  | 27,3  | 22,5  | 36,5  | 9     | 22,5  | 49    | 22,5  | 162,9 | 6     | 49,1  | 71,3  | 560    |
| 2008-2009 | 65,9  | 9,4   | 45,6  | 23,7  | 114   | 29    | 61,7  | 17,9  | 34    | 5,2   | 23,9  | 59,6  | 489,9  |
| 2009-2010 | 113,5 | 24,2  | 4,8   | 16,1  | 88,6  | 41    | 55,6  | 42,5  | 41,7  | 59,6  | 59,4  | 11,2  | 558,2  |
| 2010-2011 | 59,2  | 39,2  | 72,1  | 8,1   | 3,7   | 44,5  | 141,4 | 71,1  | 148,6 | 23,3  | 6,6   | 40,7  | 658,5  |
| 2011-2012 | 36,7  | 270,2 | 16,4  | 28,1  | 17,6  | 21,8  | 45,8  | 54,7  | 10,8  | 0     | 2,1   | 34,1  | 538,3  |
| N         | 43    | 43    | 43    | 43    | 43    | 43    | 43    | 43    | 43    | 43    | 43    | 43    | 43     |
| xm        | 49,20 | 44,93 | 47,00 | 47,67 | 49,54 | 41,27 | 61,71 | 51,32 | 55,50 | 29,27 | 13,46 | 30,23 | 521,25 |
| ox        | 39,6  | 46,64 | 35,87 | 41,59 | 44,65 | 30,15 | 42,28 | 39,43 | 42,74 | 26,46 | 17,42 | 32,6  | 132,84 |
| Cv        | 0,80  | 1,04  | 0,76  | 0,87  | 0,90  | 0,73  | 0,69  | 0,77  | 0,77  | 0,90  | 1,29  | 1,08  | 0,25   |
| max       | 158,2 | 270,2 | 144   | 175,5 | 204   | 132,2 | 200   | 175,1 | 162,9 | 107   | 82    | 152   | 771,2  |
| min       | 0     | 0     | 2     | 0     | 0     | 0     | 4,3   | 0     | 2,2   | 0     | 0     | 0     | 252,7  |

## Annxe-6 : Station de Yabous (07-06-04)

| Année     | sept  | oct   | nov   | dec   | janv  | fev   | mars  | avril | mai   | juin  | juil  | aout  | annuel   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 1968-69   | 40,09 | 30,16 | 36,77 | 34,55 | 33,26 | 28,84 | 44,00 | 79,8  | 42,7  | 0     | 4,6   | 9,4   | 384,1678 |
| 1969-70   | 86,4  | 213,1 | 0     | 40,4  | 22,2  | 2     | 23,8  | 166,1 | 70    | 12    | 0     | 8     | 644      |
| 1970-71   | 8     | 5,7   | 0     | 12    | 24    | 43    | 30,3  | 0,8   | 63    | 16,4  | 0     | 12    | 215,2    |
| 1971-72   | 84,7  | 9     | 54    | 26,9  | 53,9  | 46,9  | 94,9  | 147,6 | 56,9  | 23,5  | 5,4   | 22,5  | 626,2    |
| 1972-73   | 113   | 61,7  | 13    | 22,9  | 22,8  | 25,5  | 110,2 | 16,3  | 0     | 31    | 0     | 41,6  | 458      |
| 1973-74   | 19,7  | 13,3  | 3,8   | 178,5 | 8,3   | 17,5  | 47,3  | 52,2  | 12,8  | 28,8  | 19,3  | 1,5   | 403      |
| 1974-75   | 20,9  | 47,1  | 25,3  | 5,6   | 35,6  | 65,2  | 46,1  | 67,1  | 76,2  | 2,5   | 0,1   | 10,3  | 402      |
| 1975-76   | 60,9  | 8,9   | 80    | 11,3  | 45,6  | 47,8  | 84    | 52,3  | 68    | 65,6  | 30,8  | 16,5  | 571,7    |
| 1976-77   | 81,7  | 27,5  | 111   | 26,1  | 15,2  | 4,6   | 47,5  | 67,1  | 75,7  | 22,2  | 0     | 29,3  | 507,9    |
| 1977-78   | 0     | 1,9   | 142,4 | 1,7   | 6,5   | 22,3  | 17,6  | 7,5   | 20,2  | 11,7  | 0     | 42,5  | 274,3    |
| 1978-79   | 2,6   | 55,7  | 2,8   | 1,8   | 15,9  | 61,4  | 17,7  | 99,1  | 21,8  | 38,8  | 3     | 0     | 320,6    |
| 1979-80   | 73,5  | 16,5  | 12,7  | 14    | 14,1  | 47,4  | 84,2  | 48,7  | 70,4  | 5,2   | 0     | 0     | 386,7    |
| 1980-81   | 49,8  | 0,8   | 43,8  | 105   | 5,1   | 57,1  | 46,1  | 19,8  | 20,4  | 53,8  | 0     | 18,1  | 419,8    |
| 1981-82   | 83,9  | 15,3  | 5,7   | 18,3  | 49,6  | 40,3  | 24,5  | 103,2 | 88,2  | 26,3  | 0,7   | 7,5   | 463,5    |
| 1982-83   | 21,2  | 65,3  | 153,4 | 14,6  | 1,4   | 17,7  | 24,4  | 4,3   | 11,5  | 9,3   | 0     | 18,1  | 341,2    |
| 1983-84   | 0,6   | 66,8  | 3,2   | 22,9  | 38,5  | 75,3  | 46,8  | 16,2  | 1,1   | 0,5   | 0     | 0     | 271,9    |
| 1984-85   | 0,8   | 83,6  | 27,2  | 53,1  | 42    | 10,2  | 35    | 15,5  | 97,6  | 0     | 1,7   | 0     | 366,7    |
| 1985-86   | 35,2  | 27,9  | 2,6   | 12,2  | 10,4  | 13,7  | 132,9 | 49,1  | 26,2  | 3     | 0     | 0     | 313,2    |
| 1986-87   | 35,5  | 24,2  | 66,5  | 28,4  | 14,1  | 37,5  | 22,1  | 2     | 46,4  | 8,4   | 10,2  | 19,4  | 314,7    |
| 1987-88   | 18,7  | 15,8  | 27    | 25,4  | 16    | 18,5  | 16,1  | 18,2  | 46,3  | 81,3  | 0     | 18,1  | 301,4    |
| 1988-89   | 4     | 10,2  | 42,78 | 16,9  | 6,7   | 18,4  | 24,5  | 27,9  | 31,7  | 43,9  | 12,8  | 104,1 | 343,88   |
| 1989-90   | 35    | 7     | 12,2  | 23,9  | 167,6 | 0     | 70,2  | 69,4  | 106,9 | 11    | 2,6   | 23    | 528,8    |
| 1990-91   | 9,9   | 11,4  | 66,8  | 40    | 5,8   | 19,3  | 91,8  | 55,4  | 29,9  | 5,8   | 33,3  | 14,3  | 383,7    |
| 1991-92   | 16,2  | 45,5  | 32    | 17,2  | 64,9  | 23,1  | 56,7  | 33    | 84,7  | 5,9   | 23,3  | 14,6  | 417,1    |
| 1992-93   | 45,2  | 11,9  | 49,3  | 52,5  | 10,5  | 22,6  | 48    | 7,2   | 20,8  | 4,4   | 0     | 5,4   | 277,8    |
| 1993-94   | 15,2  | 1,8   | 10,1  | 31,4  | 45,9  | 8,8   | 48,1  | 24,6  | 1,8   | 1,5   | 8,6   | 38,1  | 235,9    |
| 1994-95   | 42,4  | 38,7  | 5,7   | 15,8  | 62,5  | 1,5   | 69,9  | 15    | 2,8   | 18,7  | 23,6  | 10,8  | 307,4    |
| 1995-96   | 42,6  | 38,3  | 9,8   | 19,4  | 71    | 154,1 | 75    | 48,7  | 5,5   | 24    | 16,7  | 5     | 510,1    |
| 1996-97   | 23,7  | 0     | 2,5   | 13,7  | 18,2  | 3,9   | 8,6   | 25,5  | 11,4  | 2,4   | 0     | 28,9  | 138,8    |
| 1997-98   | 47,4  | 56,3  | 77,7  | 61,6  | 6,8   | 36,8  | 48,5  | 17,5  | 47,7  | 24,4  | 0,5   | 2,6   | 427,8    |
| 1998-99   | 15,5  | 26,6  | 40,1  | 25,6  | 78,5  | 24,6  | 11,3  | 2,8   | 18,3  | 9,4   | 0     | 0,2   | 252,9    |
| 1999-2000 | 16,4  | 6,5   | 80,3  | 95,9  | 12,2  | 4,4   | 10    | 2,5   | 46,6  | 23,5  | 0     | 5     | 303,3    |
| 2000-2001 | 31,5  | 11,3  | 6,4   | 5,2   | 36,7  | 0     | 3,2   | 5,8   | 29,4  | 0     | 2,6   | 15,5  | 147,6    |
| 2001-2002 | 69,6  | 30,8  | 18,7  | 13,4  | 14,1  | 22,7  | 34,1  | 14    | 31,6  | 21    | 12    | 41,1  | 323,1    |
| 2002-2003 | 10,4  | 15,3  | 88,3  | 29,6  | 83,3  | 45,9  | 29,1  | 91,3  | 16,7  | 56,7  | 2,8   | 0     | 469,4    |
| 2003-2004 | 86    | 47,1  | 22,4  | 29,7  | 16,2  | 8,5   | 42,8  | 42    | 138,3 | 51    | 13,1  | 37,4  | 534,5    |
| 2004-2005 | 30,4  | 5,1   | 87,7  | 103,3 | 15,7  | 26    | 15,6  | 39,6  | 7,6   | 55,2  | 25,9  | 1,6   | 413,7    |
| 2005-2006 | 35,3  | 12,7  | 36,9  | 48,1  | 67,9  | 40,3  | 4,6   | 45    | 117,9 | 47,6  | 37,4  | 16,1  | 509,8    |
| 2006-2007 | 41,5  | 21,6  | 22,3  | 65    | 6,2   | 26,3  | 72,2  | 63,6  | 27,6  | 3,3   | 0,6   | 43,7  | 393,9    |
| 2007-2008 | 96,6  | 27,2  | 8,6   | 46,3  | 2,8   | 3,9   | 12,4  | 10    | 89,8  | 5,6   | 77,8  | 62,5  | 443,5    |
| 2008-2009 | 66,4  | 41,3  | 9,1   | 29    | 85,9  | 12,9  | 55,8  | 78,5  | 27,2  | 1,8   | 10    | 21,9  | 439,8    |
| 2009-2010 | 65,3  | 9,9   | 3,6   | 12    | 42,9  | 24,7  | 19,9  | 23,8  | 32,3  | 30,5  | 34    | 9,1   | 308      |
| N         | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41    | 41       |
| xm        | 40,11 | 30,16 | 36,77 | 34,55 | 33,26 | 28,84 | 44,00 | 42,29 | 43,85 | 21,14 | 9,84  | 18,47 | 383,26   |
| ox        | 30,07 | 35,72 | 38,73 | 33,77 | 32,27 | 27,47 | 30,35 | 38,48 | 34,89 | 20,76 | 15,51 | 20,31 | 115,78   |
| Cv        | 0,75  | 1,18  | 1,05  | 0,98  | 0,97  | 0,95  | 0,69  | 0,91  | 0,80  | 0,98  | 1,58  | 1,10  | 0,30     |
| max       | 113   | 213,1 | 153,4 | 178,5 | 167,6 | 154,1 | 132,9 | 166,1 | 138,3 | 81,3  | 77,8  | 104,1 | 644      |
| min       | 0     | 0     | 0     | 1,7   | 1,4   | 0     | 3,2   | 0,8   | 0     | 0     | 0     | 0     | 138,8    |

## Annexe-7 : Station de Ktef Es Souda (06-18-11)

| année      | sept  | oct   | nov   | dec   | janv  | fev   | mars  | avril | mai   | juin  | juil  | aout | annuel |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| 1990-91    | 33,73 | 2     | 20,85 | 14,09 | 12,3  | 7,5   | 16,8  | 14,5  | 7     | 8,2   | 5     | 0    | 141,97 |
| 1991-92    | 25    | 25    | 0     | 2,9   | 6,5   | 14,8  | 23,2  | 17,6  | 51,6  | 6,2   | 11,96 | 4,4  | 189,16 |
| 1992-93    | 27,7  | 20,85 | 6,1   | 6     | 0     | 42    | 10,5  | 4,5   | 17,5  | 0,9   | 0,5   | 11,1 | 147,65 |
| 1993-94    | 9,1   | 0     | 9,5   | 2,4   | 14    | 8,5   | 7,5   | 4,8   | 2     | 6,5   | 8,6   | 1,5  | 74,4   |
| 1994-95    | 25,8  | 27,7  | 1,5   | 0     | 6,9   | 6,1   | 17,5  | 5,3   | 16,2  | 7,5   | 44,6  | 7,5  | 166,6  |
| 1995-96    | 62,7  | 33,2  | 0,3   | 16,6  | 16,9  | 17,5  | 32,5  | 14,9  | 11,5  | 27,4  | 4,5   | 7,7  | 245,7  |
| 1996-97    | 36,3  | 0     | 7     | 5,9   | 2     | 2,8   | 27,2  | 22,2  | 0,9   | 17,2  | 24    | 0    | 145,5  |
| 1997-98    | 6,5   | 8,3   | 36,7  | 14,9  | 0,2   | 10,2  | 10,9  | 28,8  | 0,7   | 32,7  | 0     | 11,5 | 161,4  |
| 1998-99    | 26,5  | 11,9  | 2,1   | 14,09 | 30,6  | 5     | 4,6   | 2,5   | 5,9   | 5,5   | 26,2  | 11,5 | 146,39 |
| 1999-2000  | 31    | 29,6  | 66,9  | 29,3  | 0,8   | 0,4   | 17,82 | 10,1  | 59,1  | 5,9   | 0,3   | 0,5  | 251,72 |
| 2000-2001  | 23,1  | 19,7  | 3,8   | 7,8   | 1     | 11,5  | 0     | 1,5   | 25,3  | 0     | 2,6   | 0,4  | 96,7   |
| 2001-2002  | 49,2  | 18    | 17,3  | 2,5   | 3,5   | 0     | 2,6   | 10,8  | 1,2   | 17    | 27    | 13,1 | 162,2  |
| 2002-2003  | 1     | 43,9  | 31,2  | 2,3   | 38,9  | 1,6   | 14,6  | 54,1  | 8,1   | 16,3  | 0     | 15,3 | 227,3  |
| 2003-2004  | 17,1  | 44,1  | 14,09 | 14,09 | 1     | 13,8  | 89,7  | 44,4  | 19,3  | 33,5  | 5,5   | 8,5  | 305,08 |
| 2004-2005  | 10,1  | 12    | 6,5   | 32,8  | 0     | 47,7  | 17,2  | 9,6   | 1,2   | 20,2  | 2,3   | 0    | 159,6  |
| 2005-2006  | 22,2  | 3,5   | 26,5  | 0     | 37    | 9,7   | 0     | 30,2  | 60,2  | 23,7  | 33,5  | 4,9  | 251,4  |
| 2006-2007  | 35,1  | 6,1   | 24    | 37,3  | 0,2   | 17,2  | 14,5  | 47,8  | 5,8   | 14,2  | 20,8  | 1,3  | 224,3  |
| 2007-2008  | 157,6 | 14,1  | 3,1   | 3,1   | 4,7   | 0     | 6,3   | 0     | 73,2  | 7,5   | 19,2  | 23,8 | 312,6  |
| 2008-2009  | 31,1  | 94,6  | 4,3   | 37,8  | 47,5  | 15,6  | 30,4  | 62,5  | 68,1  | 0     | 0,2   | 14,2 | 406,3  |
| 2009-2010  | 43,7  | 2,5   | 0     | 11,4  | 28,1  | 33,7  | 12,5  | 62,2  | 7,8   | 18,3  | 2,5   | 0    | 222,7  |
| N          | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20   | 20     |
| xm         | 33,07 | 20,85 | 14,09 | 12,76 | 12,61 | 13,28 | 17,82 | 22,42 | 22,13 | 13,44 | 11,96 | 6,86 | 201,93 |
| $\sigma$ m | 32,66 | 22,07 | 16,71 | 12,33 | 15,3  | 13,44 | 19,32 | 20,87 | 25,07 | 10,3  | 13,28 | 6,71 | 79,35  |
| Cv         | 0,99  | 1,06  | 1,19  | 0,97  | 1,21  | 1,01  | 1,08  | 0,93  | 1,13  | 0,77  | 1,11  | 0,98 | 0,39   |
| max        | 157,6 | 94,6  | 66,9  | 37,8  | 47,5  | 47,7  | 89,7  | 62,5  | 73,2  | 33,5  | 44,6  | 23,8 | 406,3  |
| min        | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,7   | 0     | 0     | 0    | 74,4   |

## Annexe 8: pluie mensuelles sur bassin versant Mellagou

| année     | sept  | oct  | nov  | dec   | janv  | fev  | mars  | avril | mai   | juin | juil | aout  | annuel |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| 1969-70   | 70,7  | 57,6 | 8,2  | 35,1  | 11    | 16,8 | 5,1   | 62,9  | 46,9  | 9,3  | 17,7 | 2     | 343,3  |
| 1970-71   | 20,4  | 45,1 | 7,8  | 9,4   | 67,3  | 54,6 | 37,6  | 0     | 20,9  | 3,1  | 52,8 | 2,4   | 321,4  |
| 1971-72   | 33,4  | 13,8 | 43,8 | 24,3  | 33,3  | 19,1 | 27,7  | 81,8  | 38,4  | 29,8 | 1,6  | 11,3  | 358,3  |
| 1972-73   | 53,4  | 34,5 | 20,6 | 22    | 20,8  | 18,1 | 57,3  | 16,7  | 1,5   | 12,3 | 1,1  | 11,7  | 270    |
| 1973-74   | 5,5   | 11,8 | 8,1  | 73,5  | 3,1   | 19,4 | 24,5  | 14,9  | 6,6   | 26,4 | 2,7  | 0,6   | 197,1  |
| 1974-75   | 11    | 36   | 17,5 | 2,1   | 20,6  | 64,2 | 35,1  | 20,1  | 28,7  | 0,3  | 1    | 14,2  | 250,8  |
| 1975-76   | 3,3   | 3,4  | 48,9 | 10,4  | 38,8  | 43   | 54,9  | 19    | 34    | 43,2 | 17,5 | 5,3   | 321,7  |
| 1976-77   | 48,3  | 27,7 | 97,9 | 20,4  | 25,8  | 1,3  | 36,9  | 44    | 34,4  | 48,3 | 0,4  | 12,9  | 398,3  |
| 1977-78   | 1,1   | 4,8  | 59,4 | 0,1   | 1     | 32,8 | 6     | 22,3  | 12,9  | 0,9  | 0    | 102,9 | 244,2  |
| 1978-79   | 0,5   | 45,4 | 1,1  | 1,6   | 8,3   | 53,4 | 14,1  | 44,2  | 6,7   | 11,5 | 3    | 16    | 205,8  |
| 1979-80   | 96,1  | 12,1 | 6,6  | 4,8   | 25    | 29,5 | 80,7  | 38,2  | 24,9  | 1,5  | 12   | 0,1   | 331,5  |
| 1980-81   | 36,1  | 7,3  | 32,7 | 106,4 | 52,4  | 49,5 | 21,2  | 12,7  | 4,7   | 24,2 | 2,4  | 3,9   | 353,5  |
| 1981-82   | 61    | 13,3 | 2,4  | 14,3  | 44,6  | 38,9 | 23,9  | 92,8  | 94,4  | 9,5  | 5,3  | 12,5  | 412,9  |
| 1982-83   | 15,9  | 62,7 | 81,3 | 18,1  | 0,3   | 14,9 | 33,4  | 0,8   | 23,5  | 10   | 0    | 14,9  | 275,8  |
| 1983-84   | 0,3   | 66,6 | 18,6 | 27    | 36    | 80,6 | 41,4  | 23,6  | 4,2   | 2,9  | 0,1  | 1,4   | 302,7  |
| 1984-85   | 27,6  | 47,4 | 35   | 88,9  | 32,1  | 20,2 | 62,8  | 22,8  | 61,3  | 9,2  | 7    | 2,8   | 417,1  |
| 1985-86   | 35,9  | 33,3 | 12,1 | 7,7   | 26    | 12,1 | 126,1 | 31,7  | 51,6  | 14,5 | 0    | 26    | 377    |
| 1986-87   | 35,4  | 35,4 | 49,1 | 30,7  | 10,5  | 37,5 | 27,7  | 11,9  | 20,9  | 11,3 | 48,6 | 2,5   | 321,5  |
| 1987-88   | 3,2   | 20,6 | 34,7 | 16,7  | 17    | 6,4  | 10,9  | 8,3   | 33    | 42,4 | 0,7  | 10,2  | 204,1  |
| 1988-89   | 20    | 15,2 | 40   | 57    | 14,5  | 30,7 | 16,7  | 20    | 19,6  | 93,2 | 27,9 | 54,5  | 409,3  |
| 1989-90   | 59,9  | 15,7 | 21,6 | 19,5  | 131,1 | 0    | 56    | 55,3  | 87,7  | 13,1 | 41,8 | 56,8  | 558,5  |
| 1990-91   | 16,8  | 8,9  | 91,8 | 31,4  | 10,6  | 25,9 | 62,7  | 34,5  | 25,2  | 29,5 | 7,4  | 12,4  | 357,1  |
| 1991-92   | 35,1  | 53,7 | 20,1 | 19,8  | 20,3  | 25   | 63,2  | 45,7  | 76,4  | 5,1  | 35,3 | 28,7  | 428,4  |
| 1992-93   | 14,8  | 13,4 | 55,1 | 39,4  | 11,1  | 41   | 45,3  | 11,7  | 26,1  | 14,2 | 9,5  | 8,6   | 290,2  |
| 1993-94   | 10,2  | 14,1 | 15,8 | 62,5  | 30,4  | 22,9 | 32,4  | 13,1  | 19,9  | 2,3  | 27,5 | 14,8  | 265,9  |
| 1994-95   | 34,3  | 36,2 | 24,4 | 8,4   | 42,7  | 1,5  | 37,6  | 11,9  | 8,3   | 29,5 | 42,5 | 15,6  | 292,9  |
| 1995-96   | 57,2  | 46,5 | 5,7  | 26,5  | 95,6  | 91   | 74,3  | 41    | 26,2  | 21,7 | 11   | 15,9  | 512,6  |
| 1996-97   | 22    | 0,1  | 4,6  | 18,7  | 20,6  | 7,3  | 25,1  | 38,2  | 13,3  | 25,4 | 17,3 | 45,6  | 238,2  |
| 1997-98   | 99,4  | 41,6 | 70,8 | 36,1  | 3,2   | 25,3 | 39,2  | 52,1  | 26,8  | 32,8 | 0,2  | 32,8  | 460,3  |
| 1998-99   | 14,9  | 28,2 | 36,1 | 13,8  | 55,3  | 14,1 | 21,9  | 6,7   | 39,7  | 22,4 | 12,6 | 26,3  | 292    |
| 1999-2000 | 10,4  | 31,7 | 89,2 | 66,4  | 2,6   | 10,1 | 14,1  | 3,7   | 69,8  | 33   | 4,1  | 6,7   | 341,8  |
| 2000-2001 | 45,9  | 23,2 | 10,6 | 27,8  | 16,8  | 10,9 | 5     | 6,3   | 40,5  | 0,1  | 2,7  | 7,4   | 197,2  |
| 2001-2002 | 99,4  | 69,5 | 34   | 6,7   | 7,6   | 11,3 | 18,8  | 27,6  | 27,1  | 8,5  | 24,8 | 60,5  | 395,8  |
| 2002-2003 | 8,2   | 25,2 | 83,7 | 19,2  | 97    | 38,5 | 23,3  | 98,5  | 15,2  | 49   | 7,6  | 14,1  | 479,5  |
| 2003-2004 | 66,1  | 47,2 | 29,2 | 63,7  | 28,5  | 20,7 | 74    | 51,7  | 89,2  | 66,8 | 11,4 | 26,6  | 575,1  |
| 2004-2005 | 17,4  | 27,9 | 86,9 | 107,7 | 14,8  | 58,3 | 25,7  | 23,2  | 6,2   | 40   | 4,3  | 3,4   | 415,8  |
| 2005-2006 | 43,4  | 23,7 | 33,1 | 28,1  | 65,6  | 39,6 | 6,2   | 53,3  | 115   | 42   | 31,1 | 8,3   | 489,4  |
| 2006-2007 | 37,9  | 14,8 | 21,7 | 55,1  | 7     | 18   | 69,1  | 58,7  | 24,8  | 21,4 | 12,3 | 19,5  | 360,3  |
| 2007-2008 | 120,3 | 23,1 | 12,8 | 39,5  | 12,1  | 6,3  | 17,2  | 19,8  | 129,1 | 6,4  | 38,8 | 70,1  | 495,5  |
| 2008-2009 | 103,7 | 95,1 | 12,9 | 45,5  | 93,2  | 12,3 | 72,2  | 76,6  | 69    | 2,4  | 14,1 | 90,5  | 687,5  |
| 2009-2010 | 60,8  | 15,3 | 0,8  | 13,5  | 65,6  | 37,7 | 26,8  | 62,8  | 36,1  | 37,8 | 14,1 | 26,9  | 398,2  |
| N         | 43    | 43   | 43   | 43    | 43    | 43   | 43    | 43    | 43    | 43   | 43   | 43    | 43     |
| xm        | 38,1  | 30,5 | 33,8 | 32,2  | 32,2  | 28,3 | 37,9  | 33,7  | 37,6  | 22,1 | 14,0 | 21,9  | 362,2  |
| x         | 31,1  | 20,3 | 27,7 | 26,6  | 29,7  | 20,7 | 25,1  | 24,7  | 30,3  | 19,7 | 15,3 | 24,0  | 117,9  |
| Cv        | 0,82  | 0,67 | 0,82 | 0,83  | 0,92  | 0,73 | 0,66  | 0,73  | 0,81  | 0,89 | 1,09 | 1,09  | 0,33   |
| max       | 120,3 | 95,1 | 97,9 | 107,7 | 131,1 | 91   | 126,1 | 98,5  | 129,1 | 93,2 | 52,8 | 102,9 | 687,5  |
| min       | 0,3   | 0,1  | 0,8  | 0,1   | 0,3   | 0    | 5     | 0     | 1,5   | 0,1  | 0    | 0,1   | 197,1  |

## Annexe 9 : pluies maximales journalières aux stations sélectionnées

| babar   |       | bouhmama |       | yabous  |       | Chelia  |       | halla   |       | ktef Es Souda |       |
|---------|-------|----------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------------|-------|
| Date    | Pjmax | date     | Pjmax | date    | Pjmax | date    | pjmax | date    | Pjmax | date          | Pjmax |
| sept-67 | 51,9  |          |       |         |       |         |       |         |       |               |       |
| avr-69  | 22,4  |          |       |         |       | oct-69  | 105,9 |         |       |               |       |
| sept-69 | 15,4  | sept-68  | 31    | oct-69  | 115   | oct-70  | 40,5  |         |       |               |       |
| juil-71 | 24,2  | mai-70   | 35,2  | févr-71 | 40    | nov-71  | 45,9  |         |       |               |       |
| juin-72 | 33,5  | févr-71  | 47,7  | avr-72  | 34,2  |         |       | mai-72  | 40,5  |               |       |
| sept-72 | 35,6  | avr-72   | 29,2  | sept-72 | 42,5  | déc-73  | 40    | mars-73 | 36,7  |               |       |
| déc-73  | 37,8  | sept-72  | 40,4  | déc-73  | 60    | oct-74  | 59    | mars-74 | 19,2  |               |       |
| févr-75 | 21    | déc-73   | 87,6  | oct-74  | 44,6  | juin-76 | 37,5  | févr-75 | 14,7  | 30,56667      |       |
| juin-77 | 41,6  | févr-75  | 56    | nov-75  | 48,9  | mars-77 | 72    | mars-76 | 25,3  |               |       |
| mars-77 | 40,5  | mars-76  | 28    | nov-76  | 66,3  | nov-77  | 60    | nov-76  | 44,4  |               |       |
| nov-77  | 40,6  | nov-76   | 63,3  | nov-77  | 114,5 | avr-79  | 42    | nov-77  | 26,2  |               |       |
| oct-78  | 35,6  | aout-78  | 82    | avr-79  | 33    |         |       | mai-79  | 22    |               |       |
| mars-80 | 76,6  | oct-78   | 21,6  | mars-80 | 41,4  |         |       | mars-80 | 48,5  | 55,5          |       |
| nov-80  | 33,9  | oct-79   | 26    | juin-81 | 33    | mai-82  | 31    | mai-82  | 51,7  | 40,975        |       |
| mai-82  | 55,5  | déc-80   | 30    | sept-81 | 35,7  | nov-82  | 36,5  | oct-82  | 21,5  |               |       |
| mai-83  | 23,1  | mai-82   | 25,7  | nov-82  | 78    |         |       | oct-83  | 34    |               |       |
| oct-83  | 40,7  | nov-82   | 29,1  | févr-84 | 41,3  | mai-85  | 30    | oct-84  | 50,9  |               |       |
| mars-85 | 31,8  | févr-84  | 60,2  | oct-84  | 56,8  | mars-86 | 78    |         |       |               |       |
| mars-86 | 38,5  | déc-84   | 71,5  | mars-86 | 50,4  | juil-87 | 57    | mars-86 | 54    | 55,68         |       |
| sept-86 | 48,2  | mars-86  | 57,5  | nov-86  | 23,6  | juin-88 | 27    | oct-86  | 23    |               |       |
| aout-88 | 29,7  | juil-87  | 18,5  | juin-88 | 33,5  | aout-89 | 39    | oct-87  | 20,8  |               |       |
| aout-89 | 26,9  | nov-87   | 37,2  | aout-89 | 54,8  | janv-90 | 40    | août-89 | 22,5  | mai-90        | 41    |
| mai-90  | 42,2  | juin-89  | 42,8  | janv-89 | 82,1  | mars-91 | 42,5  | août-90 | 30,8  | mars-91       | 14,3  |
| sept-90 | 27,9  | janv-90  | 72    | mars-91 | 37,4  | mars-92 | 33    | déc-90  | 26,5  | mai-92        | 39,1  |
| oct-90  | 36,6  | mars-91  | 32,2  | mai-92  | 40,4  | nov-92  | 44    | mai-92  | 56    | févr-93       | 27    |
| févr-92 | 22,1  | mars-92  | 32,3  | nov-92  | 34,2  | déc-93  | 47    |         |       | févr-94       | 8,5   |
| mars-94 | 22,8  | mars-93  | 37,3  | mars-94 | 36    | mars-95 | 37,5  | août-95 | 20,8  | juil-95       | 24    |
| juil-95 | 60,2  | déc-93   | 67,7  | janv-95 | 29,6  | mars-96 | 50    | sept-95 | 28    | sept-95       | 51    |
| sept-95 | 63,3  | juil-95  | 33,8  | févr-96 | 52,8  | AOUT-97 | 41    | sept-96 | 35    | mars-97       | 24,5  |
| juil-97 | 24,5  | janv-96  | 74,9  | aout-97 | 27,8  | nov-97  | 60    |         |       | nov-97        | 22    |
| sept-98 | 45,4  | aout-97  | 38,1  | nov-97  | 44    | janv-98 | 45    | avr-98  | 60    | juil-99       | 22,2  |
| juil-99 | 20,2  | sept-97  | 75    | janv-99 | 22,4  | nov-99  | 52,5  | juil-99 | 13,5  | nov-99        | 18,5  |
| nov-99  | 31,5  | janv-98  | 42,8  | déc-99  | 27,6  | mai-01  | 31    | mai-00  | 45    | sept-00       | 19,5  |
| nov-00  | 12,5  | nov-99   | 42    | mai-01  | 15,2  | sept-01 | 32,5  | sept-00 | 60,7  | juil-02       | 24    |
| oct-01  | 34,5  | déc-00   | 18    | sept-01 | 19,6  | févr-03 | 80,7  | avr-02  | 67,5  | oct-02        | 24,4  |
| oct-02  | 33,5  | oct-01   | 32    | févr-03 | 30,6  | juin-04 | 43,3  | oct-02  | 48,2  | mars-04       | 48,5  |
| oct-03  | 40,5  | avr-03   | 61,4  | juin-04 | 39,5  | juin-05 | 35,8  | mars-04 | 58,9  | févr-03       | 33    |
| févr-05 | 47,5  | avr-04   | 45,5  | nov-04  | 29,5  | mai-06  | 48,6  | nov-04  | 49,6  | juil-06       | 33,5  |
| janv-06 | 20,5  | févr-05  | 43,8  | mai-06  | 61,3  | mars-07 | 57,6  | janv-06 | 33,8  | déc-06        | 25    |
| oct-06  | 38,5  | mai-06   | 74,5  | aout-7  | 29,6  | mai-08  | 64    | avr-07  | 32,1  | sept-07       | 70,4  |
| mars-08 | 22,5  | mars-07  | 29,2  | sept-07 | 40,7  | janv-09 | 52    | sept-07 | 49,4  | mai-09        | 43    |
| mai-09  | 30    | mai-08   | 82,3  | sept-08 | 33,6  | janv-10 | 50,2  | oct-08  | 32,9  | janv-10       | 24,5  |
| sept-09 | 26,5  | sept-08  | 56,7  | janv-10 | 26,9  | mars-11 | 78,5  | avr-10  | 27,4  |               |       |
|         |       | janv-10  | 40,5  |         |       | oct-11  | 177,5 |         |       |               |       |

Annexe 10 : Pjmax-Echantillon composite régional-final (n=107)

| RANGE | Station    | année hydro | date    | Pjmax | PJMAX normalisée | RANGE | Station    | année hydro | date  | Pjmax | PJMAX normalisée |
|-------|------------|-------------|---------|-------|------------------|-------|------------|-------------|-------|-------|------------------|
| 1     | Babar      | 2000        | nov-00  | 12,50 | -1,71            | 55    | halla      | 1973        | 26724 | 36,7  | -0,02            |
| 2     | bouhmam    | 2000        | déc-00  | 18,00 | -1,47            | 56    | chelia     | 2009        | 39814 | 52    | -0,02            |
| 3     | ktef Es So | 1994        | févr-94 | 8,50  | -1,53            | 57    | Babar      | 1972        | 26543 | 35,6  | 0,04             |
| 4     | yabous     | 2001        | sept-01 | 19,60 | -1,13            | 58    | Babar      | 1978        | 28764 | 35,6  | 0,04             |
| 5     | halla      | 1974        | mars-74 | 19,20 | -1,20            | 59    | chelia     | 1999        | 36465 | 52,5  | 0,00             |
| 6     | bouhmam    | 1979        | oct-79  | 26,00 | -1,06            | 60    | yabous     | 1975        | 27699 | 48,9  | 0,22             |
| 7     | Babar      | 1975        | févr-75 | 21,00 | -1,06            | 61    | ktef Es So | 2006        | 38899 | 33,5  | 0,22             |
| 8     | halla      | 1979        | mai-79  | 22,00 | -1,01            | 62    | Babar      | 1973        | 26999 | 37,8  | 0,21             |
| 9     | Babar      | 1992        | févr-92 | 22,10 | -0,98            | 63    | chelia     | 1987        | 31959 | 57    | 0,17             |
| 10    | bouhmam    | 1980        | déc-80  | 30,00 | -0,85            | 64    | halla      | 1972        | 26420 | 40,5  | 0,24             |
| 11    | Babar      | 1969        | avr-69  | 22,40 | -0,96            | 65    | chelia     | 2007        | 39142 | 57,6  | 0,20             |
| 12    | Babar      | 2008        | mars-08 | 22,50 | -0,95            | 66    | Babar      | 2006        | 38991 | 38,5  | 0,26             |
| 13    | yabous     | 1999        | déc-99  | 27,60 | -0,76            | 67    | yabous     | 1996        | 35096 | 52,8  | 0,40             |
| 14    | bouhmam    | 1992        | mars-92 | 32,30 | -0,73            | 68    | chelia     | 1974        | 27303 | 59    | 0,25             |
| 15    | Babar      | 1971        | juil-71 | 24,20 | -0,82            | 69    | chelia     | 1997        | 35735 | 60    | 0,29             |
| 16    | Babar      | 1997        | juil-97 | 24,50 | -0,80            | 70    | Babar      | 2003        | 37895 | 40,5  | 0,41             |
| 17    | chelia     | 1985        | mai-85  | 30,00 | -0,85            | 71    | Babar      | 1983        | 30590 | 40,7  | 0,43             |
| 18    | bouhmam    | 1995        | juil-95 | 33,80 | -0,65            | 72    | Babar      | 1977        | 28277 | 41,6  | 0,49             |
| 19    | yabous     | 1995        | janv-95 | 29,60 | -0,67            | 73    | bouhmam    | 1986        | 31472 | 57,5  | 0,57             |
| 20    | halla      | 2010        | avr-10  | 27,40 | -0,65            | 74    | ktef Es So | 1990        | 32994 | 41    | 0,74             |
| 21    | Babar      | 1989        | août-89 | 26,90 | -0,62            | 75    | bouhmam    | 1984        | 30713 | 60,2  | 0,71             |
| 22    | ktef Es So | 1999        | juil-99 | 22,20 | -0,57            | 76    | bouhmam    | 2003        | 37712 | 61,4  | 0,77             |
| 23    | yabous     | 1988        | juin-88 | 33,50 | -0,49            | 77    | ktef Es So | 2009        | 39934 | 43    | 0,88             |
| 24    | bouhmam    | 1987        | nov-87  | 37,20 | -0,48            | 78    | Babar      | 1998        | 36039 | 45,4  | 0,78             |
| 25    | yabous     | 2008        | sept-08 | 33,60 | -0,48            | 79    | chelia     | 1977        | 28185 | 72    | 0,74             |
| 26    | chelia     | 2005        | juin-05 | 35,80 | -0,63            | 80    | yabous     | 1976        | 28065 | 66,3  | 1,02             |
| 27    | chelia     | 1976        | juin-76 | 37,50 | -0,56            | 81    | halla      | 1984        | 30956 | 50,9  | 0,94             |
| 28    | chelia     | 1995        | mars-95 | 37,50 | -0,56            | 82    | Babar      | 2005        | 38384 | 47,5  | 0,94             |
| 29    | yabous     | 1981        | sept-81 | 35,70 | -0,39            | 83    | Babar      | 1986        | 31656 | 48,2  | 0,99             |
| 30    | yabous     | 1994        | mars-94 | 36,00 | -0,37            | 84    | bouhmam    | 1993        | 34304 | 67,7  | 1,09             |
| 31    | chelia     | 1989        | août-89 | 39,00 | -0,51            | 85    | chelia     | 2003        | 37653 | 80,7  | 1,07             |
| 32    | ktef Es So | 1997        | mars-97 | 24,50 | -0,41            | 86    | halla      | 1986        | 31472 | 54    | 1,15             |
| 33    | halla      | 1990        | août-90 | 30,80 | -0,42            | 87    | bouhmam    | 1984        | 31017 | 71,5  | 1,29             |
| 34    | bouhmam    | 2010        | janv-10 | 40,50 | -0,31            | 88    | halla      | 1992        | 33725 | 56    | 1,29             |
| 35    | Babar      | 1988        | août-88 | 29,70 | -0,41            | 89    | Babar      | 1967        | 24716 | 51,9  | 1,27             |
| 36    | chelia     | 1970        | oct-70  | 40,50 | -0,45            | 90    | bouhmam    | 1990        | 32874 | 72    | 1,31             |
| 37    | chelia     | 1979        | avr-79  | 42,00 | -0,39            | 91    | yabous     | 1982        | 30256 | 78    | 1,56             |
| 38    | chelia     | 1991        | mars-91 | 42,50 | -0,38            | 92    | bouhmam    | 2006        | 38838 | 74,5  | 1,44             |
| 39    | yabous     | 2004        | juin-04 | 39,50 | -0,21            | 93    | bouhmam    | 1996        | 35065 | 74,9  | 1,46             |
| 40    | ktef Es So | 1993        | févr-93 | 27,00 | -0,24            | 94    | bouhmam    | 1997        | 35674 | 75    | 1,47             |
| 41    | bouhmam    | 1989        | juin-89 | 42,80 | -0,19            | 95    | halla      | 2004        | 38047 | 58,9  | 1,48             |
| 42    | halla      | 2008        | oct-08  | 32,90 | -0,28            | 96    | halla      | 1998        | 35886 | 60    | 1,56             |
| 43    | Babar      | 1999        | nov-99  | 31,50 | -0,27            | 97    | Babar      | 1982        | 30072 | 55,5  | 1,54             |
| 44    | chelia     | 1992        | nov-92  | 44,00 | -0,32            | 98    | halla      | 2000        | 36770 | 60,7  | 1,60             |
| 45    | Babar      | 1985        | mars-85 | 31,80 | -0,25            | 99    | yabous     | 1989        | 32509 | 82,1  | 1,75             |
| 46    | chelia     | 1998        | janv-98 | 45,00 | -0,28            | 100   | bouhmam    | 2008        | 39569 | 82,3  | 1,84             |
| 47    | halla      | 2006        | janv-06 | 33,80 | -0,22            | 101   | halla      | 2002        | 37347 | 67,5  | 2,06             |
| 48    | chelia     | 1971        | nov-71  | 45,90 | -0,25            | 102   | Babar      | 1995        | 34943 | 63,3  | 2,13             |
| 49    | bouhmam    | 2004        | avr-04  | 45,50 | -0,05            | 103   | ktef Es So | 2007        | 39326 | 70,4  | 2,80             |
| 50    | halla      | 1996        | sept-96 | 35,00 | -0,14            | 104   | yabous     | 1977        | 28430 | 114,5 | 3,24             |
| 51    | Babar      | 2002        | oct-02  | 33,50 | -0,12            | 105   | yabous     | 1969        | 25477 | 115   | 3,26             |
| 52    | Babar      | 2001        | oct-01  | 34,50 | -0,04            | 106   | Babar      | 1980        | 29281 | 76,6  | 3,14             |
| 53    | chelia     | 1996        | mars-96 | 50,00 | -0,09            | 107   | chelia     | 2011        | 40817 | 177,5 | 4,74             |
| 54    | chelia     | 2010        | janv-10 | 50,20 | -0,08            |       |            |             |       |       |                  |

ANNEXE

Annexe 11: Pjmax-Echantillon composite régional transposé à Bouhmama-final (n=107)

| RANGE | Station    | année hyd | date    | Pjmax | u(t)     | t        | PJMAX no | PJMAX t BH | RANGE | Station    | année hyd | date  | Pjmax | u(t)     | t        | PJMAX no | PJMAX t BH |
|-------|------------|-----------|---------|-------|----------|----------|----------|------------|-------|------------|-----------|-------|-------|----------|----------|----------|------------|
| 1     | Babar      | 2000      | 36831   | 12,5  | -1,68008 | 1,004695 | -1,71    | 13,36      | 54    | Babar      | 2001      | 37165 | 34,5  | 0,313004 | 1,927928 | -0,04    | 45,65      |
| 2     | ktef Es So | 1994      | 34366   | 8,5   | -1,3235  | 1,023923 | -1,53    | 16,73      | 55    | halla      | 1973      | 26724 | 36,7  | 0,393594 | 2,038095 | -0,02    | 46,10      |
| 3     | bouhmam    | 2000      | 36861   | 18    | -1,451   | 1,014218 | -1,47    | 18,00      | 56    | chelia     | 2009      | 39814 | 52    | 0,420915 | 2,07767  | -0,02    | 46,20      |
| 4     | halla      | 1974      | 27089   | 19,2  | -1,15334 | 1,043902 | -1,20    | 23,10      | 57    | chelia     | 1999      | 36465 | 52,5  | 0,504509 | 2,206186 | 0,00     | 46,56      |
| 5     | yabous     | 2001      | 37135   | 19,6  | -1,22966 | 1,033816 | -1,13    | 24,62      | 58    | Babar      | 1972      | 26543 | 35,6  | 0,448495 | 2,118812 | 0,04     | 47,27      |
| 6     | Babar      | 1975      | 27426   | 21    | -1,02999 | 1,064677 | -1,06    | 25,84      | 59    | Babar      | 1978      | 28764 | 35,6  | 0,476354 | 2,161616 | 0,04     | 47,27      |
| 7     | bouhmam    | 1979      | 29129   | 26    | -1,08792 | 1,054187 | -1,06    | 26,00      | 60    | chelia     | 1987      | 31959 | 57    | 0,620525 | 2,404494 | 0,17     | 49,88      |
| 8     | halla      | 1979      | 28976   | 22    | -0,97755 | 1,075377 | -1,01    | 26,78      | 61    | chelia     | 2007      | 39142 | 57,6  | 0,680895 | 2,517647 | 0,20     | 50,32      |
| 9     | Babar      | 1992      | 33635   | 22,1  | -0,92931 | 1,086294 | -0,98    | 27,45      | 62    | Babar      | 1973      | 26999 | 37,8  | 0,590967 | 2,351648 | 0,21     | 50,50      |
| 10    | Babar      | 1969      | 25294   | 22,4  | -0,84219 | 1,108808 | -0,96    | 27,89      | 63    | ktef Es So | 2006      | 38899 | 33,5  | 0,561794 | 2,301075 | 0,22     | 50,73      |
| 11    | Babar      | 2008      | 39508   | 22,5  | -0,80222 | 1,120419 | -0,95    | 28,04      | 64    | yabous     | 1975      | 27699 | 48,9  | 0,532982 | 2,252632 | 0,22     | 50,77      |
| 12    | chelia     | 1985      | 31168   | 30    | -0,62565 | 1,18232  | -0,85    | 30,00      | 65    | halla      | 1972      | 26420 | 40,5  | 0,650492 | 2,45977  | 0,24     | 51,09      |
| 13    | bouhmam    | 1980      | 29556   | 30    | -0,8844  | 1,097436 | -0,85    | 30,00      | 66    | chelia     | 1974      | 27303 | 59    | 0,775006 | 2,708861 | 0,25     | 51,35      |
| 14    | Babar      | 1971      | 26115   | 24,2  | -0,69249 | 1,156757 | -0,82    | 30,53      | 67    | Babar      | 2006      | 38991 | 38,5  | 0,711762 | 2,578313 | 0,26     | 51,52      |
| 15    | Babar      | 1997      | 35612   | 24,5  | -0,65855 | 1,169399 | -0,80    | 30,97      | 68    | chelia     | 1997      | 35735 | 60    | 0,807447 | 2,779221 | 0,29     | 52,08      |
| 16    | yabous     | 1999      | 36495   | 27,6  | -0,76412 | 1,132275 | -0,76    | 31,76      | 69    | yabous     | 1996      | 35096 | 52,8  | 0,743122 | 2,641975 | 0,40     | 54,25      |
| 17    | bouhmam    | 1992      | 33664   | 32,3  | -0,72762 | 1,144385 | -0,73    | 32,30      | 70    | Babar      | 2003      | 37895 | 40,5  | 0,840483 | 2,853333 | 0,41     | 54,46      |
| 18    | yabous     | 1995      | 34700   | 29,6  | -0,5625  | 1,20904  | -0,67    | 33,55      | 71    | Babar      | 1983      | 30590 | 40,7  | 0,874151 | 2,931507 | 0,43     | 54,75      |
| 19    | bouhmam    | 1995      | 34881   | 33,8  | -0,59367 | 1,195531 | -0,65    | 33,80      | 72    | Babar      | 1977      | 28277 | 41,6  | 0,908493 | 3,014085 | 0,49     | 56,08      |
| 20    | halla      | 2010      | 40269   | 27,4  | -0,53205 | 1,222857 | -0,65    | 33,88      | 73    | bouhmam    | 1986      | 31472 | 57,5  | 0,943553 | 3,101449 | 0,57     | 57,50      |
| 21    | chelia     | 2005      | 38504   | 35,8  | -0,36057 | 1,312883 | -0,63    | 34,27      | 74    | bouhmam    | 1984      | 30713 | 60,2  | 1,016029 | 3,292300 | 0,71     | 60,20      |
| 22    | Babar      | 1989      | aout-89 | 26,9  | -0,50223 | 1,236994 | -0,62    | 34,50      | 75    | chelia     | 1977      | 28185 | 72    | 1,172054 | 3,754386 | 0,74     | 60,92      |
| 23    | ktef Es So | 1999      | 36342   | 22,2  | -0,47298 | 1,251462 | -0,57    | 35,37      | 76    | ktef Es So | 1990      | 32994 | 41    | 0,979381 | 3,19403  | 0,74     | 60,93      |
| 24    | chelia     | 1976      | 27912   | 37,5  | -0,33338 | 1,329193 | -0,56    | 35,52      | 77    | bouhmam    | 2003      | 37712 | 61,4  | 1,053554 | 3,396825 | 0,77     | 61,40      |
| 25    | chelia     | 1995      | 34759   | 37,5  | -0,30649 | 1,345912 | -0,56    | 35,52      | 78    | Babar      | 1998      | 36039 | 45,4  | 1,131494 | 3,627119 | 0,78     | 61,65      |
| 26    | chelia     | 1989      | aout-89 | 39    | -0,22722 | 1,398693 | -0,51    | 36,63      | 79    | ktef Es So | 2009      | 39934 | 43    | 1,09202  | 3,508197 | 0,88     | 63,65      |
| 27    | yabous     | 1988      | 32295   | 33,5  | -0,44425 | 1,266272 | -0,49    | 37,03      | 80    | Babar      | 2005      | 38384 | 47,5  | 1,301123 | 4,196078 | 0,94     | 64,74      |
| 28    | yabous     | 2008      | 39692   | 33,6  | -0,38809 | 1,29697  | -0,48    | 37,12      | 81    | halla      | 1984      | 30956 | 50,9  | 1,25677  | 4,037736 | 0,94     | 64,75      |
| 29    | bouhmam    | 1987      | 32082   | 37,2  | -0,41596 | 1,281437 | -0,48    | 37,20      | 82    | Babar      | 1986      | 31656 | 48,2  | 1,346956 | 4,367347 | 0,99     | 65,76      |
| 30    | chelia     | 1970      | 25842   | 40,5  | -0,0983  | 1,496503 | -0,45    | 37,73      | 83    | yabous     | 1976      | 28065 | 66,3  | 1,213781 | 3,890909 | 1,02     | 66,30      |
| 31    | halla      | 1990      | aout-90 | 30,8  | -0,17529 | 1,436242 | -0,42    | 38,34      | 84    | chelia     | 2003      | 37653 | 80,7  | 1,443596 | 4,755556 | 1,07     | 67,32      |
| 32    | ktef Es So | 1997      | 35490   | 24,5  | -0,20118 | 1,417219 | -0,41    | 38,49      | 85    | bouhmam    | 1993      | 34304 | 67,7  | 1,394398 | 4,553191 | 1,09     | 67,70      |
| 33    | Babar      | 1988      | aout-88 | 29,7  | -0,12387 | 1,475862 | -0,41    | 38,61      | 86    | halla      | 1986      | 31472 | 54    | 1,494715 | 4,976744 | 1,15     | 68,83      |
| 34    | chelia     | 1979      | 28946   | 42    | -0,0728  | 1,51773  | -0,39    | 38,83      | 87    | Babar      | 1967      | 24716 | 51,9  | 1,661646 | 5,783784 | 1,27     | 71,19      |
| 35    | yabous     | 1981      | 29830   | 35,7  | -0,27985 | 1,363057 | -0,39    | 38,99      | 88    | halla      | 1992      | 33725 | 56    | 1,603505 | 5,487179 | 1,29     | 71,45      |
| 36    | chelia     | 1991      | 33298   | 42,5  | -0,04735 | 1,539568 | -0,38    | 39,20      | 89    | bouhmam    | 1984      | 31017 | 71,5  | 1,547946 | 5,219512 | 1,29     | 71,50      |
| 37    | yabous     | 1994      | 34394   | 36    | -0,25343 | 1,380645 | -0,37    | 39,26      | 90    | bouhmam    | 1990      | 32874 | 72    | 1,722661 | 6,114286 | 1,31     | 72,00      |
| 38    | chelia     | 1992      | 33909   | 44    | 0,105285 | 1,685039 | -0,32    | 40,31      | 91    | bouhmam    | 2006      | 38838 | 74,5  | 1,854764 | 6,903226 | 1,44     | 74,50      |
| 39    | bouhmam    | 2010      | 40179   | 40,5  | -0,14953 | 1,455782 | -0,31    | 40,50      | 92    | bouhmam    | 1996      | 35065 | 74,9  | 1,926753 | 7,37931  | 1,46     | 74,90      |
| 40    | chelia     | 1998      | 35796   | 45    | 0,156518 | 1,739837 | -0,28    | 41,04      | 93    | bouhmam    | 1997      | 35674 | 75    | 2,003463 | 7,925926 | 1,47     | 75,00      |
| 41    | halla      | 2008      | 39722   | 32,9  | 0,054313 | 1,633588 | -0,28    | 41,10      | 94    | halla      | 2004      | 38047 | 58,9  | 2,085629 | 8,56     | 1,48     | 75,27      |
| 42    | Babar      | 1999      | 36465   | 31,5  | 0,079774 | 1,658915 | -0,27    | 41,25      | 95    | Babar      | 1982      | 30072 | 55,5  | 2,270255 | 10,19048 | 1,54     | 76,48      |
| 43    | Babar      | 1985      | 31107   | 31,8  | 0,130861 | 1,712    | -0,25    | 41,69      | 96    | halla      | 1998      | 35886 | 60    | 2,174169 | 9,304348 | 1,56     | 76,71      |
| 44    | chelia     | 1971      | 26238   | 45,9  | 0,208133 | 1,798319 | -0,25    | 41,70      | 97    | yabous     | 1982      | 30256 | 78    | 1,786897 | 6,484948 | 1,56     | 76,74      |
| 45    | ktef Es So | 1993      | 34001   | 27    | 0,003478 | 1,585185 | -0,24    | 41,89      | 98    | halla      | 2000      | 36770 | 60,7  | 2,375409 | 11,26316 | 1,60     | 77,63      |
| 46    | halla      | 2006      | 38718   | 33,8  | 0,18227  | 1,768595 | -0,22    | 42,29      | 99    | yabous     | 1989      | 32509 | 82,1  | 2,491662 | 12,58824 | 1,75     | 80,40      |
| 47    | yabous     | 2004      | 38139   | 39,5  | -0,02193 | 1,562044 | -0,21    | 42,38      | 100   | bouhmam    | 2008      | 39569 | 82,3  | 2,62181  | 14,26667 | 1,84     | 82,30      |
| 48    | bouhmam    | 1989      | 32660   | 42,8  | 0,028886 | 1,609023 | -0,19    | 42,80      | 101   | halla      | 2002      | 37347 | 67,5  | 2,769855 | 16,46154 | 2,06     | 86,57      |
| 49    | halla      | 1996      | 35309   | 35    | 0,260253 | 1,86087  | -0,14    | 43,86      | 102   | Babar      | 1995      | 34943 | 63,3  | 2,941812 | 19,45455 | 2,13     | 87,93      |
| 50    | Babar      | 2002      | 37530   | 33,5  | 0,286542 | 1,893805 | -0,12    | 44,19      | 103   | ktef Es So | 2007      | 39326 | 70,4  | 3,147345 | 23,77778 | 2,80     | 100,91     |
| 51    | chelia     | 1996      | 35125   | 50    | 0,339655 | 1,963303 | -0,09    | 44,72      | 104   | Babar      | 1980      | 29281 | 76,6  | 4,260313 | 71,33333 | 3,14     | 107,45     |
| 52    | chelia     | 2010      | 40179   | 50,2  | 0,366513 | 2        | -0,08    | 44,87      | 105   | yabous     | 1977      | 28430 | 114,5 | 3,403483 | 30,57143 | 3,24     | 109,32     |
| 53    | bouhmam    | 2004      | 38078   | 45,5  | 0,234122 | 1,82906  | -0,05    | 45,50      | 106   | yabous     | 1969      | 25477 | 115   | 3,744741 | 42,8     | 3,26     | 109,77     |
|       |            |           |         |       |          |          |          |            | 107   | chelia     | 2011      | 40817 | 177,5 | 5,363635 | 214      | 4,74     | 138,58     |

Annexe 12 : station hydrométrique de ktef es souda sur oued Mellagou (06-18-11)

| année      | sept   | oct    | nov    | dec     | janv   | fev    | mars   | avril  | mai    | juin   | juil   | août   | annuel |
|------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1989-90    | 9,68   | 0,3846 | 0,3757 | 0,3597  | 0,8685 | 0,7203 | 0,7408 | 0,7316 | 1,364  | 0,3618 | 1,377  | 3,216  | 20,180 |
| 1990-91    | 1,244  | 0,3814 | 1,266  | 0,736   | 0,6624 | 0,6317 | 1,07   | 0,375  | 0,8272 | 0,4139 | 0,326  | 0,3182 | 8,252  |
| 1991-92    | 2,696  | 1,132  | 0,3784 | 0,5398  | 0,4606 | 0,237  | 0,5846 | 0,417  | 0,4953 | 0,1503 | 0,3238 | 0,6106 | 8,025  |
| 1992-93    | 0,8159 | 0,3642 | 0,3556 | 0,3714  | 0,3414 | 0,5322 | 0,6627 | 0,4251 | 0,2621 | 0,2063 | 0,2437 | 0,289  | 4,870  |
| 1993-94    | 0,4724 | 0,5863 | 0,2306 | 0,34719 | 0,2673 | 0,3003 | 0,1979 | 0,1714 | 0,134  | 0,1334 | 0,3825 | 0,3272 | 3,550  |
| 1994-95    | 0,9781 | 0,5773 | 0,9475 | 0,2616  | 0,2528 | 0,221  | 0,2572 | 0,228  | 0,2277 | 0,2669 | 3,423  | 0,1928 | 7,834  |
| 1995-96    | 1,413  | 3,968  | 0,2621 | 0,2118  | 1,793  | 0,9467 | 3,497  | 0,4972 | 0,2266 | 0,5893 | 0,0804 | 0,0919 | 13,577 |
| 1996-97    | 0,3304 | 0,1768 | 0,1711 | 0,1768  | 0,172  | 0,1577 | 0,166  | 0,1806 | 0,1447 | 0,1481 | 0,1474 | 2,256  | 4,228  |
| 1997-98    | 2,427  | 0,2737 | 2,335  | 0,1364  | 0,1345 | 0,1214 | 0,0562 | 0,1095 | 0,1041 | 0,1443 | 0,1035 | 0,7395 | 6,685  |
| 1998-99    | 1,01   | 0,1887 | 0,1348 | 0,1441  | 0,2084 | 0,1357 | 0,1503 | 0,1101 | 0,309  | 0,1783 | 1,221  | 0,1564 | 3,947  |
| moyenne    | 2,11   | 0,80   | 0,65   | 0,33    | 0,52   | 0,40   | 0,74   | 0,32   | 0,41   | 0,26   | 0,76   | 0,82   | 8,11   |
| ecart type | 1,087  | 0,661  | 0,181  | 0,480   | 0,273  | 0,970  | 0,190  | 0,378  | 0,144  | 0,987  | 1,000  | 4,913  | 4,913  |
| cv         | 0,516  | 0,822  | 0,280  | 1,460   | 0,530  | 2,423  | 0,258  | 1,165  | 0,351  | 3,807  | 1,310  | 5,994  | 0,605  |
| Médiane    | 1,127  | 0,383  | 0,366  | 0,304   | 0,304  | 0,269  | 0,421  | 0,302  | 0,245  | 0,192  | 0,325  | 0,323  | 7,260  |
| max        | 9,680  | 3,968  | 2,335  | 0,736   | 1,793  | 0,947  | 3,497  | 0,732  | 1,364  | 0,589  | 3,423  | 3,216  | 20,180 |
| min        | 0,330  | 0,177  | 0,135  | 0,136   | 0,135  | 0,121  | 0,056  | 0,110  | 0,104  | 0,133  | 0,080  | 0,092  | 3,550  |



## Annexe 14

| n     | Cv(n) | Cs(n) | FP%   | kp%  | $\beta$ plur |
|-------|-------|-------|-------|------|--------------|
| 1,00  | 0,37  | 0,74  | -0,85 | 0,37 | 0,53         |
| 2,00  | 0,26  | 0,52  | -0,85 | 0,56 | 0,69         |
| 3,00  | 0,21  | 0,43  | -0,85 | 0,64 | 0,79         |
| 4,00  | 0,19  | 0,37  | -0,85 | 0,69 | 0,86         |
| 5,00  | 0,17  | 0,33  | -0,85 | 0,72 | 0,91         |
| 6,00  | 0,15  | 0,30  | -0,85 | 0,74 | 0,94         |
| 7,00  | 0,14  | 0,28  | -0,85 | 0,76 | 0,96         |
| 8,00  | 0,13  | 0,26  | -0,85 | 0,78 | 0,98         |
| 9,00  | 0,12  | 0,25  | -0,85 | 0,79 | 0,99         |
| 10,00 | 0,12  | 0,23  | -0,85 | 0,80 | 0,99         |
| 11,00 | 0,11  | 0,22  | -0,85 | 0,81 | 0,99         |
| 12,00 | 0,11  | 0,21  | -0,85 | 0,82 | 0,98         |
| 13,00 | 0,10  | 0,21  | -0,85 | 0,83 | 0,97         |
| 14,00 | 0,10  | 0,20  | -0,85 | 0,83 | 0,95         |
| 15,00 | 0,10  | 0,19  | -0,85 | 0,84 | 0,94         |
| 16,00 | 0,09  | 0,19  | -0,85 | 0,84 | 0,92         |
| 17,00 | 0,09  | 0,18  | -0,85 | 0,85 | 0,89         |
| 18,00 | 0,09  | 0,17  | -0,85 | 0,85 | 0,87         |
| 19,00 | 0,08  | 0,17  | -0,85 | 0,86 | 0,84         |
| 20,00 | 0,08  | 0,17  | -0,85 | 0,86 | 0,81         |
| 21,00 | 0,08  | 0,16  | -0,85 | 0,86 | 0,78         |
| 22,00 | 0,08  | 0,16  | -0,85 | 0,87 | 0,75         |
| 23,00 | 0,08  | 0,15  | -0,85 | 0,87 | 0,72         |
| 24,00 | 0,08  | 0,15  | -0,85 | 0,87 | 0,68         |
| 25,00 | 0,07  | 0,15  | -0,85 | 0,87 | 0,65         |
| 26,00 | 0,07  | 0,15  | -0,85 | 0,88 | 0,61         |
| 27,00 | 0,07  | 0,14  | -0,85 | 0,88 | 0,57         |
| 28,00 | 0,07  | 0,14  | -0,85 | 0,88 | 0,53         |
| 29,00 | 0,07  | 0,14  | -0,85 | 0,88 | 0,49         |
| 30,00 | 0,07  | 0,14  | -0,85 | 0,89 | 0,45         |
| 31,00 | 0,07  | 0,13  | -0,85 | 0,89 | 0,40         |
| 32,00 | 0,07  | 0,13  | -0,85 | 0,89 | 0,36         |
| 33,00 | 0,06  | 0,13  | -0,85 | 0,89 | 0,31         |
| 34,00 | 0,06  | 0,13  | -0,85 | 0,89 | 0,27         |
| 35,00 | 0,06  | 0,13  | -0,85 | 0,89 | 0,22         |
| 36,00 | 0,06  | 0,12  | -0,85 | 0,90 | 0,17         |
| 37,00 | 0,06  | 0,12  | -0,85 | 0,90 | 0,13         |
| 38,00 | 0,06  | 0,12  | -0,85 | 0,90 | 0,08         |
| 39,00 | 0,06  | 0,12  | -0,85 | 0,90 | 0,03         |
| 40,00 | 0,06  | 0,12  | -0,85 | 0,90 | -0,02        |
| 41,00 | 0,06  | 0,12  | -0,85 | 0,90 | -0,07        |
| 42,00 | 0,06  | 0,11  | -0,85 | 0,90 | -0,12        |

## **Résumé**

Cette étude a été effectuée au sein de l'agence nationale des barrages et des transferts à partir des données d'exploitation qui s'étalent sur plus 40 ans du barrage de Mellagou qui est situé à dans la wilaya de Khenchela à environ 100 km à l'Est de la ville de Batna et un peu plus de 250 km de la côte méditerranéenne et à 50 km au nord du chef-lieu Khenchela.

L'étude a pour objectif d'étude hydrologique en général pour ce barrage D'après les calculs établit.

**Mots clés:** barrage, hydrologie, bilan hydrologique, apport, déficit d'eau

## **Summary**

This study has been carried out within the National Agency for Dams and Transfers from the exploitation data spread over more than 40 years from the Mellagou dam which is located in Khenchela wilaya at about 100 km. km east of the city of Batna and a little over 250 km from the Mediterranean coast and 50 km north of the capital Khenchela.

The study aims to hydrological study in general for this dam According to the calculations established.

**Key-Words:** dam, hydrology, water balance, intake, Water deficits.

## **ملخص**

أجريت هذه الدراسة داخل الوكالة الوطنية للسدود والتحويلات من خلال بيانات الاستغلال على مدة أكثر من 40 عامًا من سد ميلاغو الذي يقع في ولاية خنشلة على بعد حوالي 100 كم شرق مدينة باتنة وما يزيد عن 250 كم من ساحل البحر المتوسط و 50 كم شمال العاصمة خنشلة

تهدف الدراسة إلى دراسة هيدرولوجية بشكل عام لهذا السد حسب الحسابات الموضوعية.

**الكلمات المفتاحية:** السد, هيدرولوجيا, التوازن المائي, الواردات, ضياع المياه, العجز في المياه.